



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación del diseño del concreto elaborado con cemento portland tipo I
adicionando el aditivo sikament-290N, en la ciudad de Lima – 2016

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Civil

AUTORA

Fernández López, Llanelid

ASESOR

Dr. Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Administración y Seguridad de la construcción

LIMA-PERÚ

2017 - I

DEDICATORIA

A mi esposo, Fernando Montenegro por su incondicional ayuda; a mis hijos, Mariana, Fabrizzio y Alexander que con su amor, han sabido ayudarme a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

AGRADECIMIENTO:

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

Al ingeniero, Gerardo Enrique Cancho Zúñiga por todo el apoyo, por su tiempo y por los conocimientos que me brindó.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Llanelid Fernández López con DNI N°45197984, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideras en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniera Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento y omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 14 de julio del 2017

Llanelid Fernández López

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Evaluación del diseño del concreto elaborado con cemento portland tipo I adicionando el aditivo sikament-290N, en la ciudad de Lima – 2016”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniera Civil

La Autora

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	20
1.1 Realidad Problemática	20
1.2 Trabajos Previos	21
1.2.1 Antecedentes nacionales	21
1.2.2 Antecedentes internacionales.....	22
1.3 Teorías Relacionadas al tema	22
1.3.1 Agregados.....	22
1.3.1.1 Agregado fino	22
1.3.1.2 Agregado grueso	23
1.3.1.3 Módulo de finura (NTP 400.012).....	23
1.3.1.4 Peso unitario (NTP 400 017)	23
1.3.1.5 Peso específico (NTP 400.022)	24
1.3.1.6 Porcentaje de absorción.....	25
1.3.1.7 Contenido de humedad	25
1.3.1.8 Tamaño máximo	26
1.3.1.8.1 Tamaño máximo nominal.....	26
1.3.2 Cemento.....	26
1.3.3 Agua.....	27
1.3.3.1 Efectos en el concreto	27
1.3.4 Aditivos	27
1.3.4.1 Aditivos plastificantes.....	28
1.3.4.2 Aditivos superplastificantes.....	29
1.3.4.3 Características del aditivo polifuncional sikament 290N	30
1.3.4.3.1 Datos técnicos	31
1.3.4.3.2 Aplicación	31
1.3 Formulación del Problema.....	31
1.3.1 Problema General.....	31
1.3.2 Problemas Específicos	31
1.4 Justificación del Estudio.....	32

1.4.1	Justificación Social	32
1.4.2	Justificación Práctica.....	32
1.5	Hipótesis.....	32
1.5.1	Hipótesis General	32
1.5.2	Hipótesis específicas.....	32
1.6	Objetivos.....	33
1.6.1	Objetivo General	33
1.6.2	Objetivos Específicos	33
II.	Método.....	33
2.1	Diseño de la investigación	33
2.2	Variables, operacionalización	34
2.2.1	Variables	34
2.2.2	Operacionalización de variables.....	34
2.3	Población y Muestra	34
2.3.1	Población	34
2.3.2	Muestra.....	35
2.3.3	Técnicas de muestreo.....	35
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	36
2.4.1	Técnica	36
2.4.2	Instrumento.....	36
	37
2.4.3	Validación.....	39
III.	CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS	39
3.1	Granulometría.....	39
3.1.1	Granulometría del agregado fino.....	39
3.1.2	Granulometría del agregado grueso.....	41
3.2	Módulo de finura.....	42
3.3	Peso unitario	43
3.3.1	Peso unitario suelto (PUS)	43
3.1.2	Peso unitario compactado (PUC).....	44
3.4	Peso específico	45
3.5	Porcentaje de absorción	46
IV.	DISEÑO DE MEZCLAS	48
4.1	Diseño de mezclas.....	48

4.2	Diseño de mezcla de concreto patrón con cemento Portland Tipo I	51
4.3	Diseño de mezcla empleando el aditivo polifuncional Sikament 290N, y cemento tipo I.....	52
V.	Ensayos.....	60
5.1	Ensayos en estado fresco	60
5.1.1	Asentamiento o slump.....	60
5.1.1.1	Asentamiento del concreto manteniendo constante la cantidad de agua	61
5.1.2	Peso unitario.....	63
5.1.2.1	Peso unitario del concreto manteniendo constante el contenido de agua	63
5.1.2.2	Peso unitario del concreto manteniendo constante el asentamiento	65
5.1.3	Contenido de aire.....	67
5.1.3.1	Contenido de aire manteniendo constante la cantidad de agua.....	68
5.1.3.2	Contenido de aire manteniendo constante el asentamiento.....	70
5.1.4	Exudación	72
5.1.4.1	Exudación del concreto manteniendo el contenido de agua constante	72
5.1.4.2	Exudación del concreto manteniendo constante el asentamiento....	74
5.1.5	Tiempo de fragua.....	76
5.1.5.1	Tiempo de fraguado del concreto manteniendo el contenido de agua constante	77
5.1.5.2	Tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el asentamiento.....	79
5.2	Ensayos en estado endurecido.....	82
5.2.1	Resistencia a la compresión	82
5.2.1.1	Resistencia del concreto manteniendo el contenido de agua constante	82
5.2.1.1.1	Resistencia del concreto a los tres días de edad	82
5.2.1.1.2	Resistencia del concreto a los siete días de edad.....	84
5.2.1.1.3	Resistencia del concreto a los catorce días de edad.....	86
5.2.1.1.4	Resistencia del concreto a veintiocho días de edad	88
5.2.1.2	Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento	90
5.2.1.2.1	Resistencia del concreto a los tres días de edad	90
5.2.1.2.2	Resistencia del concreto a los siete días de edad.....	92
5.2.1.2.3	Resistencia del concreto a los catorce días de edad.....	94
5.2.1.2.4	Resistencia del concreto a los veintiocho días de edad	96

VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	99
VII.	CONCLUSIONES.....	100
VIII.	RECOMENDACIONES.....	103
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
X.	ANEXOS.....	107

LISTA DE TABLAS

II. MÉTODO

Tabla 2. 1. Operacionalización de variables.....	34
Tabla 2. 2. Ficha técnica de investigación.....	37

III. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

Tabla 3. 1. Resultados de granulometría agregado fino.....	39
Tabla 3. 2. Huso granulométrico según norma ASTM C-33.....	40
Tabla 3. 3. Resultados de granulometría agregado grueso	41
Tabla 3. 4. Huso granulométrico según norma ASTM C-33.....	41
Tabla 3. 5. Peso unitario suelto del agregado fino	43
Tabla 3. 6. Peso unitario suelto del agregado grueso	44
Tabla 3. 7. Peso unitario compactado del agregado fino	44
Tabla 3. 8. Peso unitario compactado del agregado grueso	45
Tabla 3. 9. Peso específico del agregado fino.....	45
Tabla 3. 10. Peso específico del agregado grueso	46
Tabla 3. 11. Porcentaje de absorción del agregado fino	46
Tabla 3. 12. Porcentaje de absorción del agregado grueso	47
Tabla 3. 13. Resumen de propiedades del agregado fino	47
Tabla 3. 14. Resumen de propiedades del agregado grueso.....	48

IV. DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla 4. 1. Características de los materiales a utilizar	51
Tabla 4. 2. Diseño de mezcla del concreto patrón con cemento Portland tipo I51	
Tabla 4. 3. Diseño de mezcla final del concreto patrón con cemento Portland tipo I	52
Tabla 4. 4. Características de los materiales usados en el diseño de mezcla con aditivo	53
Tabla 4. 5. Diseño de mezcla de concreto con 0.4% de aditivo y cemento Portland tipo I	54
Tabla 4. 6. Diseño de mezcla de concreto con 0.4% de aditivo y cemento Portland tipo I	54

Tabla 4. 7. Reducción de agua con el diseño de mezcla de concreto con 0.4% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo constante el asentamiento	55
Tabla 4. 8. Diseño de mezcla de concreto con 0.6% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el contenido de agua constante	55
Tabla 4. 9. Diseño de mezcla de concreto con 0.6% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el asentamiento constante	56
Tabla 4. 10. Reducción de agua con el diseño de mezcla de concreto con 0.6% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el contenido de agua constante.....	56
Tabla 4. 11. Diseño de mezcla de concreto con 1.0% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el contenido de agua constante	57
Tabla 4. 12. Diseño de mezcla de concreto con 1.0% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el asentamiento constante	57
Tabla 4. 13. Reducción de agua con el diseño de mezcla de concreto con 1.0% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el contenido de agua constante.....	58
Tabla 4. 14. Diseño de mezcla de concreto con 1.4% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el contenido de agua constante	58
Tabla 4. 15. Diseño de mezcla de concreto con 1.4% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el asentamiento constante	59
Tabla 4. 16. Reducción de agua con el diseño de mezcla de concreto con 1.0% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el contenido de agua constante.....	59

V. ENSAYOS

Tabla 5. 1. Concreto según su consistencia	60
Tabla 5. 2. Asentamiento del concreto con cemento portland tipo I.....	61
Tabla 5. 3. Valores porcentuales de asentamiento del concreto con cemento portland tipo I.....	62
Tabla 5. 4. Peso unitario del concreto con aditivo sikament 290N.....	63
Tabla 5. 5. Valores porcentuales de peso unitario del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N.....	64

Tabla 5. 6. Peso unitario del concreto con aditivo sikament 290N manteniendo constante el asentamiento	65
Tabla 5. 7. Variación porcentual peso unitario del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N, manteniendo constante el asentamiento	66
Tabla 5. 8. Contenido de aire del concreto manteniendo constante el contenido de agua	68
Tabla 5. 9. Variación porcentual del contenido de aire del concreto manteniendo constante el contenido de agua	69
Tabla 5. 10. Contenido de aire con cemento tipo I y aditivo sikament 290N manteniendo constante el asentamiento	70
Tabla 5. 11. Variación porcentual del contenido de aire con cemento tipo I y aditivo sikament 290N manteniendo constante el asentamiento.....	71
Tabla 5. 12. Exudación del concreto manteniendo constante el contenido de agua	72
Tabla 5. 13. Variación porcentual de la exudación del concreto manteniendo constante el contenido de agua.....	73
Tabla 5. 14. Exudación del concreto manteniendo constante el asentamiento	74
Tabla 5. 15. Variación porcentual de la exudación del concreto manteniendo constante el asentamiento	75
Tabla 5. 16. Tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el contenido de agua.....	77
Tabla 5. 17. Variación porcentual del tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el contenido de agua	78
Tabla 5. 18. Tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el asentamiento.....	79
Tabla 5. 19. Variación porcentual del tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el asentamiento	80
Tabla 5. 20. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los tres días	82
Tabla 5. 21. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los tres días	83
Tabla 5. 22. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los siete días de edad.....	84

Tabla 5. 23. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los siete días de edad	85
Tabla 5. 24. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los catorce días de edad	86
Tabla 5. 25. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los catorce días de edad.....	87
Tabla 5. 26. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los veintiocho días de edad	88
Tabla 5. 27. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los veintiocho días de edad	89
Tabla 5. 28. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los tres días de edad	90
Tabla 5. 29. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los tres días de edad	91
Tabla 5. 30. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los siete días de edad	92
Tabla 5. 31. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los siete días de edad.....	93
Tabla 5. 32. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los catorce días de edad	94
Tabla 5. 33. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los catorce días de edad.....	95
Tabla 5. 34. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los veintiocho días de edad.....	96
Tabla 5. 35. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los veintiocho días de edad	97

LISTA DE FIGURAS

III. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

Figura 3. 1. Granulometría del agregado fino.....	40
Figura 3. 2. Granulometría de agregado grueso	42

V. ENSAYOS

Figura 5. 1. Asentamiento del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N	61
Figura 5. 2. Asentamiento del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N	62
Figura 5. 3. Peso unitario del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N	64
Figura 5. 4. Variación porcentual peso unitario del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N.....	65
Figura 5. 5. Peso unitario del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N, manteniendo constante el asentamiento	66
Figura 5. 6. Variación porcentual peso unitario del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N, manteniendo constante el asentamiento	67
Figura 5. 7. Contenido de aire del concreto manteniendo constante el contenido de agua	68
Figura 5. 8. Variación porcentual del contenido de aire del concreto manteniendo constante el contenido de agua	69
Figura 5. 9. Contenido de aire con cemento tipo I y aditivo sikament 290N manteniendo constante el asentamiento	70
Figura 5. 10. Variación porcentual del contenido de aire con cemento tipo I y aditivo sikament 290N manteniendo constante el asentamiento.....	71
Figura 5. 11. Exudación del concreto manteniendo constante el contenido de agua	73
Figura 5. 12. Variación porcentual de la exudación del concreto manteniendo constante el contenido de agua.....	74

Figura 5. 13. Exudación del concreto manteniendo constante el asentamiento	75
Figura 5. 14. Variación porcentual de la exudación del concreto manteniendo constante el asentamiento	76
Figura 5. 15. Tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el contenido de agua.....	77
Figura 5. 16. Variación porcentual del tiempo de fraguado inicial del concreto manteniendo constante el contenido de agua	78
Figura 5. 17. Variación porcentual del tiempo de fraguado final del concreto manteniendo constante el contenido de agua	79
Figura 5. 18. Tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el asentamiento.....	80
Figura 5. 19. Variación porcentual del tiempo de fraguado inicial del concreto manteniendo constante el asentamiento	81
Figura 5. 20. Variación porcentual del tiempo de fraguado final del concreto manteniendo constante el asentamiento	81
Figura 5. 21. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los tres días de edad	83
Figura 5. 22. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los tres días de edad	84
Figura 5. 23. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los siete días de edad.....	85
Figura 5. 24. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los siete días de edad	86
Figura 5. 25. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los catorce días de edad	87
Figura 5. 26. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los catorce días de edad.....	88
Figura 5. 27. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los veintiocho días de edad	89
Figura 5. 28. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los veintiocho días de edad	90
Figura 5. 29. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los tres días de edad	91

Figura 5. 30. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los tres días de edad	92
Figura 5. 31. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los siete días de edad	93
Figura 5. 32. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los siete días de edad.....	94
Figura 5. 33. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los catorce días de edad	95
Figura 5. 34. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los catorce días de edad.....	96
Figura 5. 35. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los veintiocho días de edad	97
Figura 5. 36. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los veintiocho días de edad	98

RESUMEN

La presente investigación se ha realizado con el fin de evaluar el diseño del concreto con cemento Portland tipo I adicionando el aditivo sikament 290N. Cuyo objetivo general fue determinar la influencia del aditivo sikament-290N en los concretos elaborados con cemento portland tipo I. Para ello, se ha analizado dos grupos, primero, el concreto sin aditivo o patrón y otro adicionando diferentes porcentajes de aditivo. En el concreto con aditivo se analiza dos casos, primero, manteniendo el contenido de agua constante y el segundo manteniendo constante el slump, analizando en estado fresco, como asentamiento, peso unitario, exudación, contenido de aire, tiempo de fragua, y en estado endurecido resistencia a la compresión. Según los resultados de laboratorio, se demuestra que el uso del aditivo en las mezclas de concreto, presenta mejores resultados con respecto al concreto patrón, tanto en la trabajabilidad como en la resistencia a la compresión, presentando mejoras del 114.29% en el slump y 44.38% en la resistencia con aditivo en su máxima dosificación, todo esto comparado con el concreto patrón.

Palabras clave: aditivo, ensayos, diseño de mezclas

ABSTRACT

The present investigation was carried out in order to evaluate the concrete design with Portland cement type I adding the additive sikament 290N. The general objective of this study was to determine the influence of the additive sikament-290N on concretes made with portland type I cement. For this purpose, two groups were analyzed, first, concrete without additive or standard and another adding different percentages of additive. In concrete with additive, two cases are analyzed, first, keeping the water content constant and the second keeping the slump constant, analyzing in fresh state, such as settlement, unit weight, exudation, air content, forge time, and in state Hardened compressive strength. According to the laboratory results, it is demonstrated that the use of the additive in the concrete mixtures, presents better results with respect to the standard concrete, as much in the workability as in the resistance to the compression, presenting improvements of 114.29% in the slump and 44.38 % In the resistance with additive in its maximum dosage, all this compared with the standard concrete.

Keywords: additive, tests, mixing design

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

El uso de aditivos en el Perú es cada vez mayor, debido a que el concreto con aditivos muestra ciertas características que no se pueden lograr con otro medios y de forma tan económica. El uso de aditivos plastificantes y superplastificantes proporciona concretos con altas resistencias iniciales, reducción de agua, mejor fluidez, las cuales se manifiestan en diversos beneficios especialmente en la etapa constructiva.

Un aditivo mejora las características del concreto, tales como trabajabilidad, asentamiento, exudación, resistencia, etc. Sin embargo, al incorporar un aditivo y querer mejorar alguna propiedad del concreto, podemos perjudicar a otra.

Al respecto, (Rivva, 2000) explica que muchos aditivos afectan a otras propiedades del concreto, y que puede incidir negativamente sobre alguna propiedad que se desea mantener.

Por eso, en esta investigación se pretende diseñar mezclas con dosificaciones de aditivo que no perjudique a otra propiedad o teniendo en claro que propiedad es la que se modificará con cada dosificación.

Todo este estudio es con la finalidad de conocer el comportamiento que ofrece la aplicación del aditivo polifuncional Sikament 290N, para su uso en determinadas obras según el requerimiento de éstas, pudiendo con un solo aditivo obtener dos efectos diferentes, y buscando mejoras en las propiedades que involucra.

1.2 Trabajos Previos

Para llevar a cabo la investigación sobre la evaluación de la calidad del concreto implementando el aditivo sikament-290n elaborados con cemento portland tipo I, en la ciudad de Lima -2016 se tuvo en cuenta algunas otras investigaciones tales como:

1.2.1 Antecedentes nacionales

(Uribe Álvarez, 2013) En la tesis “Influencia del aditivo polifuncional en las propiedades de los concretos elaborados con cemento tipo I y V”. Analiza el comportamiento de los concretos elaborados con cemento Portland tipo I y V, frente a la influencia del aditivo sikament-290N, desarrollando ensayos de laboratorio para saber las ventajas y cuidados que se debe de tener al utilizar este aditivo, llegando a la conclusión que con el uso del aditivo se obtiene mejoras en la resistencia con la posibilidad de incrementar el slump y/o fluidez, es decir que se puede obtener concretos fluidos y a la vez resistencias mecánicas que mejoran conforme se aumenta el porcentaje del aditivo.

(Huarcaya Garzón, 2014) En la tesis titulada “Comportamiento del asentamiento en el concreto usando aditivo polifuncional sikament 290N y aditivo súper plastificante de alto desempeño sika viscoflow 20E”, en donde se realiza ensayos para conocer la trabajabilidad del concreto debido al uso de estos aditivos, además se hace un análisis comparativo de resultados entre un diseño patrón y otros diseños con aditivos y se concluye que con el aditivo sikament 290N al 1.0 % mantiene su trabajabilidad por un tiempo mayor que los otros diseños.

La presente investigación tomó en consideración a: (Alarcón Huallpa, 2005) en la tesis titulada “Estudio comparativo de los aditivos superplastificantes utilizados en nuestro medio e influencia en las propiedades del concreto con cemento tipo I, V, IP” en donde hace una evaluación de los efectos del aditivo sika viscocrete-3 superplastificante de

alto rango, además realizó una síntesis y análisis comparativo de los resultados de los estudios de tesis en la FIC-UNI, en las cuales se emplearon diversos aditivos superplastificantes, con la finalidad de precisar el comportamiento de estos aditivos además del cumplimiento de la norma ASTM – 94, concluyendo que no todos los aditivos presentes en el mercado cumplen con estas especificaciones técnicas.

1.2.2 Antecedentes internacionales

También se tomó en cuenta en la presente investigación a:

(8th International RILEM symposium on self-compacting concrete) The use of superplasticizer Sikament 290N does not significantly affect surface tension of water and does not entrain a significant amount of air. The main disadvantage of superplasticizer usage is loss of workability as a result of rapid slump loss and incompatibility of cement and superplasticizers.

Typical dosage of superplasticizer used for increasing the workability of concrete ranges from 1 to 3 liters per cubic meter of concrete where liquid superplasticizer contain about 40 % of active material. Dosage needed for a concrete mixture is unique and determined by the Marsh Cone Test.

1.3 Teorías Relacionadas al tema

En el marco teórico se toma en cuenta planteamientos teóricos relacionados al tema fundamental, así como también enfoques relacionados a la variable 01 y a la variable 02.

1.3.1 Agregados

1.3.1.1 Agregado fino

Para que un agregado sea apto para el concreto debe de cumplir ciertos requisitos granulométricos tales como:

- La granulometría debe ser continua, es decir que en los tamices el agregado retenido deberá ser casi iguales, así mismo no deberá ser retenido más del 45% en dos mallas consecutivas.
- Según el módulo de fineza, se estima que el agregado fino que se encuentra dentro del rango de 2.2 y 2.8 produce concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y los que están entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

1.3.1.2 Agregado grueso

Para ser considerado un agregado grueso, éste debe ser retenido en el tamiz N° 4, puede consistir en grava natural o triturada. Estará conformado por partículas angulares o semiangulares, limpias, compactas y preferentemente rugosas.

1.3.1.3 Módulo de finura (NTP 400.012)

El módulo de finura es un número adimensional, que representa el tamaño promedio de las partículas del agregado, se utiliza para controlar la uniformidad de los agregados.

El módulo de finura se obtiene a través de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices 1 ½, ¾, 3/8, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 dividido entre 100

$$M_f = \frac{\sum \%_{Acum.Ret} (1 \frac{1}{2} + \frac{3}{4} + \frac{3}{8} + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

1.3.1.4 Peso unitario (NTP 400 017)

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total, incluyendo los vacíos. El procedimiento para su determinación se encuentra normado por NTP 400.017 y ASTM C29.

Es un valor útil para las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa, por ejemplo para un agregado grueso con peso unitario alto,

significaría que quedan muy pocos espacios por llenar con arena y cemento.

Existen dos tipos de pesos unitarios:

a) Peso Unitario Suelto (P.U.S)

En este ensayo se busca determinar el peso del agregado que llenaría un recipiente de volumen unitario. Se usa el término “peso volumétrico unitario” porque se trata del volumen ocupado por el agregado. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen.

Al realizar este ensayo se deja caer suavemente el agregado dentro del recipiente hasta llenarlo.

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

b) Peso Unitario Compactado (P.U.C)

Es la relación entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente que lo contiene. Este ensayo nos determina el grado de compactación que puede presentar los materiales en su estado natural

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

1.3.1.5 Peso específico (NTP 400.022)

El peso específico de un agregado es la relación que existe entre su peso y el peso de un volumen igual de agua, se usa en los cálculos para el control y diseño de mezclas

- **Peso específico de masa:** es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total

- **Peso específico de masa saturada superficialmente seca:** es la relación existente entre el peso del agregado saturado superficialmente seco y el volumen total
- **Peso específico aparente:** es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de la masa del mismo

1.3.1.6 Porcentaje de absorción

Es la capacidad de los agregados de llenar los vacíos con agua el interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar todos los poros, puesto que siempre queda aire atrapado. Su importancia radica en que se reduce el agua de mezcla, influenciando así propiedades como la resistencia y la trabajabilidad, por lo que es necesario tener siempre en cuenta para sus correcciones necesarias.

1.3.1.7 Contenido de humedad

Se entiende por contenido de humedad a la cantidad de agua que posee un agregado en estado natural, es importante debido a que puede hacer variar la relación agua-cemento del diseño de mezcla y por tanto influir en la resistencia y la trabajabilidad del concreto.

Las condiciones de humedad a tener en cuenta se definirán de la siguiente manera:

- Secados al horno: completamente absorbente
- Secados al aire: la superficie de las partículas esta seca pero esta húmeda interiormente, por lo tanto absorben ligeramente
- Saturados superficialmente secos: no absorben agua ni aumentan el agua a la mezcla
- Húmedo y mojados: si contienen excesos de humedad en la superficie

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{(\text{Peso humedo} - \text{peso seco})}{\text{Peso seco}} * 100$$

1.3.1.8 Tamaño máximo

Para obtener una óptima resistencia a la compresión de los concretos con baja relación agua-cemento diversos investigadores han concluido que el tamaño máximo a utilizarse debe variar entre $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ ", no es recomendable tamaños mayores a 1". Los agregados con tamaño menor contribuyen a producir concretos más resistentes debido a una menor concentración de esfuerzos alrededor de las partículas causados por la diferencia de módulos de elasticidad entre la pasta y el agregado.

Según (NTP 400.037, 2014, pg. 6) el tamaño máximo del agregado es el menor tamiz por el que pasa el 100% de la muestra.

Granulometrías muy diferentes pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso, ello debe tenerse en consideración en la selección del agregado

1.3.1.8.1 Tamaño máximo nominal

El tamaño máximo nominal según (NTP 400.037, 2014, pg. 6) "Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido"

En elementos de espesor reducido se podrá disminuir el tamaño del agregado grueso siempre y cuando se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido y se obtenga la resistencia especificada.

1.3.2 Cemento

El cemento Portland es producido mediante la molienda del Clinker y su característica principal es su finura, ligadas directamente al comportamiento y propiedades de la pasta cementante, y que al adicionarle una cantidad de agua forman una pasta capaz de endurecer bajo el agua como del aire.

1.3.3 Agua

El agua es uno de los componentes del concreto que le provee de trabajabilidad y también actúa con el cemento para producir el endurecimiento.

Como requisito de forma general es que el agua a utilizar para la mezcla sea potable, pero se puede utilizar otro tipo de agua previa verificación de su calidad mediante ensayos de laboratorio.

El problema principal del agua es que contiene residuos orgánicos e inorgánicos, que ocasionan que el concreto reaccione negativamente, ocasionando que el diseño realizado para la mezcla no se comporte como lo esperado.

1.3.3.1 Efectos en el concreto

Los efectos que el agua de mezclado no sea de la calidad requerida tiene efectos en el concreto a corto, mediano y largo plazo, pudiendo ser a corto tiempo el tiempo de fraguado y resistencias iniciales, mediano plazo con las resistencias posteriores a los 28 días y los de largo plazo puede verse en ataques de sulfatos y corrosión del acero de refuerzo. La prevención de los efectos a largo plazo se consigue por medio de análisis químico del agua, verificando que no contenga cantidades excesivas de sustancias álcalis, cloruros y dióxido de carbono disuelto

1.3.4 Aditivos

Para (NTP 334.088, 2014), “Un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”

Los aditivos son materiales utilizados como componentes del concreto, los cuales se añaden antes o durante del mezclado con el propósito de:

- Modificar una o varias de sus propiedades con el fin de permitir que sean más adecuados al trabajo que se está realizando
- Facilitar su colocación
- Reducir costos de operación

Algunas de las razones por las cuales utilizar un aditivo se vuelve importante son:

En el concreto fresco

- Incrementar la trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua
- Disminuir el contenido de agua sin modificar la trabajabilidad
- Modificar la velocidad y/o volumen de exudación
- Retardar o acelerar el tiempo de fraguado inicial

En estado endurecido

- Retardar o reducir el calor de hidratación durante el endurecimiento temprano
- Desarrollo inicial de resistencia
- Incrementar la durabilidad del concreto a condiciones severas de exposición
- Mejorar la adherencia concreto-acero de refuerzo
- Reducir el costo unitario del concreto

1.3.4.1 Aditivos plastificantes

Son aquellos aditivos que permiten para una misma docilidad, una reducción de la cantidad de agua, dado que para la misma cantidad de agua aumenta considerablemente esta docilidad, incluso permite obtener estos efectos simultáneamente.

El aumento de la docilidad en el concreto permite la colocación más fácilmente en zonas complicadas o con alta densidad de armadura, sin necesidad de incrementar cantidad de agua de amasado y por consiguiente la dosis de cemento para obtener la resistencia especificada.

1.3.4.2 Aditivos superplastificantes

Corresponden a una nueva generación de aditivos plastificadores, constituyendo una evolución de los aditivos reductores de agua, en que la absorción y la capacidad de dispersión de cemento son mucho más acentuadas. Esto se traduce en aumento de trabajabilidad, solo al modificar la cantidad de agua, el resultado es un concreto muy fluido (autonivelante), de baja tendencia a la segregación.

Pueden utilizarse también como reductores de agua, siendo posible, dado su preciado efecto, alcanzar disminuciones en la cantidad de agua entre 20% y 30%.

Ello permite obtener un incremento considerable en la resistencia especialmente en las primeras edades, por lo que puede utilizarse como aceleradores de endurecimiento o aditivos para concretos de alta resistencia.

Efectos

Los superplastificantes se emplean en dosis mayores que los plastificadores reductores de agua y pueden ser agregados al final del amasado sin diluir previamente en el agua.

El efecto de trabajabilidad del concreto se mantiene durante 30 y 60 minutos según aditivo, característica que hace conveniente agregarlo inmediatamente terminado el amasado y una rápida colocación. El efecto se termina una vez transcurrido el tiempo señalado, volviendo a su trabajabilidad inicial.

Los concretos obtenidos con estos aditivos pueden ser colocados con gran facilidad, por lo tanto se reduce el trabajo de colocación y se elimina la necesidad de vibrado, con excepciones en zonas altamente armadas.

Cuando los aditivos superplastificantes se emplean como reductores de agua se obtiene un incremento de algunas características del concreto endurecido, especialmente su resistencia, durabilidad e impermeabilidad.

1.3.4.3 Características del aditivo polifuncional sikament 290N

Para (Sika, 2015), Sikament-290N es un aditivo polifuncional para concretos que puede ser empleado como plastificante o superplastificante según la dosificación utilizada.

Muy adecuado para plantas de concreto al obtener con un único aditivo dos efectos diferentes sólo por la variación de la proporción del mismo. Sikament-290N no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

Según (Sika, 2015), la empresa comercializadora de este producto, sikament 290N se puede utilizar en diferentes dosis tanto como plastificante (0.3 a 0.7 % en peso del cemento) y superplastificante (0.7% a 1.4% en peso del cemento).

Sin embargo, queda en incertidumbre lo que sucede con las propiedades del concreto para cada dosificación, además no se toma en cuenta la calidad de los materiales para resultados óptimos.

Según Sika (2015), El aditivo polifuncional Sikament-290n cumple como plastificante para reductor de agua y retardador de fragua, y superplastificante como súper reductor de agua y retardador.

1.3.4.3.1 Datos técnicos

- Densidad: 1.18 +/- 0.02
- Base Química: solución acuosa conteniendo un polímero nafténico
- % de solidos: 38.0 +/- 2.0
- PH al 10% : 7.0 +/- 1.0

Como plastificante cumple con la Norma ASTM C-494 tipo D, como superplastificante con la Norma ASTM C-494 tipo G

1.3.4.3.2 Aplicación

- **Como plastificante:** 2.54cm³ al 5.10 cm³ por kilogramo de cemento, debiendo incorporarse junto con el agua de amasado
- **Como superplastificante:** De 5.10 cm³ a 11.8 cm³ por kilogramo de cemento. Debe incorporarse preferentemente una vez amasado el concreto y haciendo un re-amasado de al menos 1 minuto por cada tanda.

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema General

¿Cómo influye el uso del aditivo sikament-290N en el comportamiento del concreto elaborado con cemento portland tipo I?

1.3.2 Problemas Específicos

¿De qué manera influye el aditivo sikament-290n en la calidad del concreto?

¿Qué efectos produce el aditivo sikament-290n en la resistencia del concreto?

1.4 Justificación del Estudio

1.4.1 Justificación Social

La investigación permitirá la mejora de la calidad del concreto, así podremos construir edificaciones más seguras, a bajos costos, y por ende mejorar la calidad de vida de las personas.

1.4.2 Justificación Práctica

Nos permitirá conocer la influencia del aditivo sobre las propiedades del concreto, permitiéndonos plantear diseños de mezclas con un cierto patrón, es decir con materiales de similares características, podemos elegir sikament – 290N y saber qué resultados aproximados esperar.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

La utilización del aditivo sikament-290N influye en el comportamiento del concreto

1.5.2 Hipótesis específicas

- El uso del aditivo sikament-290N influye en el diseño del concreto
- La utilización del aditivo sikament-290N mejora las propiedades del concreto
- La resistencia del concreto se incrementa con el uso del aditivo sikament-290N

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Determinar la influencia del aditivo sikament-290N en los concretos elaborados con cemento portland tipo I

1.6.2 Objetivos Específicos

- Determinar si el uso del aditivo sikament-290N influye en el diseño del concreto
- Comprobar mediante ensayos de laboratorio si el uso del aditivo sikament-290N mejora las propiedades del concreto
- Comparar la resistencia del concreto patrón y el concreto con el aditivo sikament-290N.

II. Método

2.1 Diseño de la investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo aplicada porque resolveremos problemas existentes.

Nivel aplicativo, porque se plantea un problema y se resolverá de manera técnica y aplicada combinando método analítico y práctico.

El diseño de investigación es experimental, porque se manipula la variable independiente

Para (Hernández, Fernández y baptista, 2006, Pg. 160) “En una investigación experimental [...] se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes [...])”.

2.2 Variables, operacionalización

2.2.1 Variables

V1: Influencia de aditivo

V2: Comportamiento del concreto

2.2.2 Operacionalización de variables

Tabla 2. 1. Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Influencia del aditivo	Decidir que rango es el que se utilizará en una obra (plástico o superplástico)	Determinar el porcentaje de aditivo	Rango Plástico	Tiempo de trabajabilidad segregación Asentamiento
			Rango Superplástico	
Comportamiento del concreto	Tiene como finalidad conocer el comportamiento que ofrece la aplicación del aditivo en las propiedades de concreto	Determinar las propiedades modificadas con la incorporación de aditivo	Estado fresco	Porcentaje de reducción de agua
			Estado endurecido	porcentaje de incremento de la resistencia
			Ensayos para determinar el comportamiento del concreto	Granulometría Peso Unitario Asentamiento Exudación Tiempo de fragua Resistencia

Fuente: elaboración Propia

2.3 Población y Muestra

2.3.1 Población

La población está formada por todos los ensayos de laboratorio que se realiza al concreto

2.3.2 Muestra

El tamaño de la muestra para la evaluación del diseño del concreto elaborado con cemento portland tipo I, adicionando el aditivo sikament-290N, está conformado por 6 ensayos de laboratorio, y estos dependen de nuestros objetivos de la investigación.

Los cuales se enumeran a continuación:

- Ensayo de asentamiento
- Ensayo de peso unitario del concreto
- Ensayo de tiempo de fraguado
- Ensayo de exudacion
- Ensayo de contenido de aire
- Ensayo de resistencia a la compresión

2.3.3 Técnicas de muestreo

Para la realización de la presente investigación las técnicas de muestreo serán:

- **Observación directa:** se realizará diversos ensayos de laboratorio a los materiales a utilizar, así como también al concreto tanto con aditivo y sin él, con el fin de determinar la influencia del uso del aditivo en sus propiedades.
- **Libros y/o textos:** Los libros utilizados se basan en estudios sobre diseños de mezcla, aditivos, normas, etc.

Según (Hernández, Fernández y Baptista , 2006, Pg. 160) El muestreo no probabilístico “ Es para determinado diseño de estudio que requiere no tanto una representatividad de elementos de una población, sino una cuidadosa y controlada elección de sujetos con ciertas características especificadas”

En esta investigación se aplica un muestreo directo e intencional, porque se selecciona una población y una muestra intencionalmente, considerando nuestros objetivos de investigación.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnica

La técnica que se utilizará en el desarrollo de esta investigación se denomina observación directa de los hechos.

2.4.2 Instrumento

La presente investigación tendrá como instrumento una ficha de recolección de datos, la misma que fue redactada por el investigador, tomando en consideración los objetivos a demostrar.

Tabla 2. 2. Ficha técnica de investigación

FICHA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN				
I. UBICACIÓN				
DEPARTAMENTO		FECHA		
PROVINCIA		HORA		
DISTRITO				
II. ENSAYOS				
GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO				
Tamiz	Peso Retenido en cada malla	% Retenido en cada malla	% Retenido acumulado en cada malla	% retenido acumulado que pasa cada malla
1 1/2 "				
1 "				
3/4 "				
1/2 "				
3/8 "				
N° 4				
Fondo				
Total				
GRANULOMETRIA AGREGADO FINO				
Tamiz	Peso Retenido en cada malla	% Retenido en cada malla	% Retenido acumulado en cada malla	% retenido acumulado que pasa cada malla
N° 4				
N°8				
N° 16				
N° 30				
N° 50				
N° 100				
Fondo				
Total				
PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO				
	N° de ensayo			
Descripción				
Peso del balde (gr)				
Peso de la muestra + peso de balde (gr)				
Peso de la muestra (gr)				
Volumen del balde (m3)				
Peso Unitario Suelto (kg/m3)				

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO			
	N° de ensayo		
Descripción			
Peso del balde (gr)			
Peso de la muestra + peso de balde (gr)			
Peso de la muestra (gr)			
Volumen del balde (m3)			
Peso Unitario Compactado (kg/m3)			

PESO UNITARIO DEL CONCRETO		
	% Reducción de agua	Peso Unitario (kg/cm3)
Tipo de concreto		
Concreto Patrón		
	Rango plastificante	
% aditivo		
	Rango Superplastificante	

CONTENIDO DE AIRE		
	% Reducción de agua	Contenido de aire (%)
Tipo de concreto		
Concreto Patrón		
	Rango plastificante	
% aditivo		
	Rango Superplastificante	

EXUDACION		
	% Reducción de agua	Exudación (%)
Tipo de concreto		
Concreto Patrón		
	Rango plastificante	
% aditivo		
	Rango Superplastificante	

ASENTAMIENTO		
% Reducción de agua	Slump	Variación (%)
Tipo de concreto		
Concreto Patrón		
	Rango plastificante	
% aditivo		
	Rango Superplastificante	

TIEMPO DE FRAGUA			
	% Reducción de agua	Tiempo de Fraguado inicial (hr:min)	Tiempo de Fraguado Final (hr:min)
Tipo de concreto			
Concreto Patrón			
	Rango plastificante		
% aditivo			
	Rango Superplastificante		

RESISTENCIA			
	Días	Resistencia (kg/cm2)	% variación
Tipo de concreto			
Concreto Patrón			
% aditivo			

Fuente: elaboración propia

2.4.3 Validación

El instrumento que se utilizará para la recolección de datos, serán validados por expertos en el tema.

III. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

3.1 Granulometría

3.1.1 Granulometría del agregado fino

Procedencia: Cantera Valencia – Carabayllo

Tabla 3. 1. Resultados de granulometría agregado fino

GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO					
Tamiz	mm	Peso Retenido en cada malla (gr)	% Retenido en cada malla	% Retenido acumulado en cada malla	% acumulado que pasa cada malla
3/8"	9.51				100
N° 4	4.76	17.33	3.54	3.54	96.46
N°8	2.38	63.33	12.95	16.49	83.51
N° 16	1.19	131.33	26.86	43.35	56.65
N° 30	0.595	137.33	28.08	71.44	28.56
N° 50	0.297	85.33	17.45	88.89	11.11
N° 100	0.149	39.33	8.04	96.93	3.07
Fondo		15.00	3.07	100.00	0.00
Total		489.00	100.00		

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. 2. Huso granulométrico según norma ASTM C-33

HUSO GRANULOMÉTRICO			
TAMIZ	ABERTURA DE TAMIZ	LIMITE SUPERIOR (%)	LIMITE INFERIOR (%)
3/8"	9.51	100	100
N°4	4.75	100	95
N°8	2.36	100	80
N°16	1.18	85	50
N°30	0.60	60	25
N°50	0.30	30	10
N°100	0.15	10	2

Fuente: Norma ASTM C-33

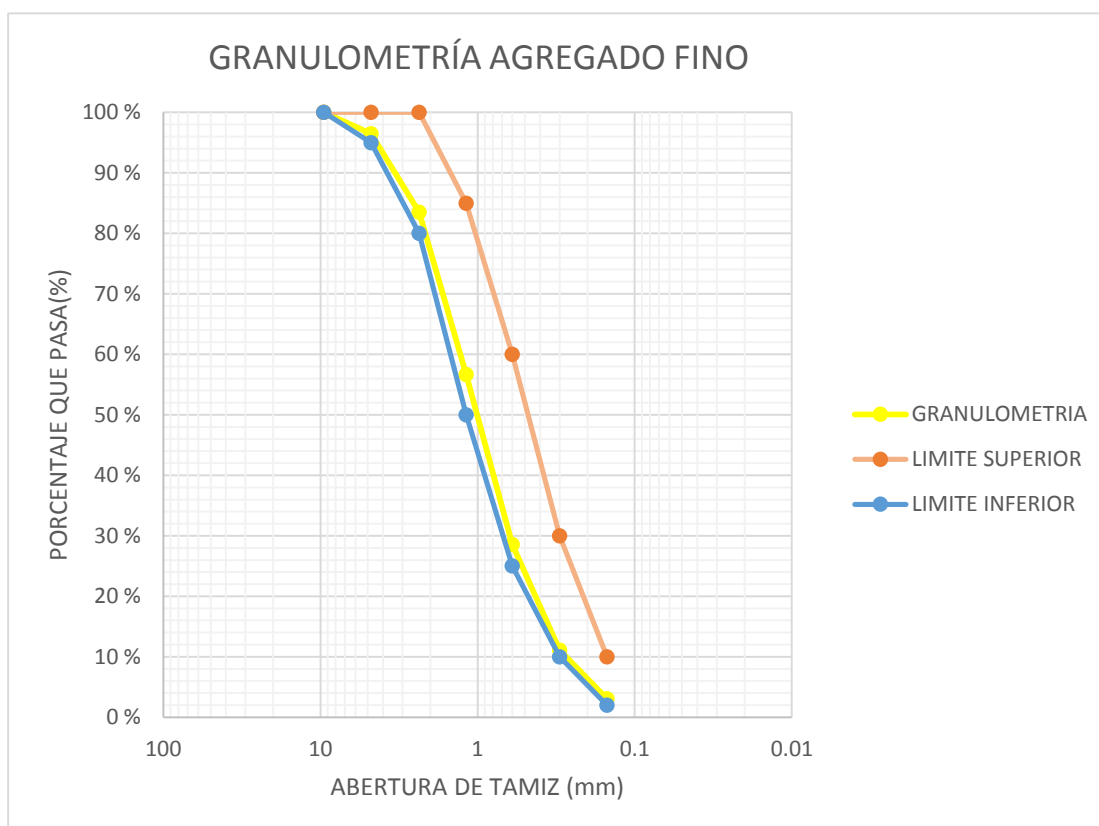


Figura 3. 1. Granulometría del agregado fino

3.1.2 Granulometría del agregado grueso

Procedencia: Cantera Valencia

Tabla 3. 3. Resultados de granulometría agregado grueso

GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO					
Tamiz	mm	Peso retenido	% Retenido en cada malla	% Retenido acumulado en cada malla	% acumulado que pasa cada malla
1 1/2 "	38.1	0	0	0	100.00
1 "	25.4	495.0	16.58	16.58	83.42
3/4 "	19	1692.0	56.68	73.27	26.73
1/2 "	12.7	773.0	25.90	99.16	0.84
3/8 "	9.53	24.0	0.80	99.97	0.03
Fondo	4.76	1.0	0.03	100.00	0.00
Total		2985.0	100.00		

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. 4. Huso granulométrico según norma ASTM C-33

HUSO GRANULOMÉTRICO			
TAMIZ	ABERTURA DE TAMIZ (mm)	LIMITE SUPERIOR (%)	LIMITE INFERIOR (%)
1"	25.00	100	100
3/4"	19.00	100	90
1/2"	12.50	55	20
3/8"	9.50	10	0

Fuente: Norma ASTM C-33

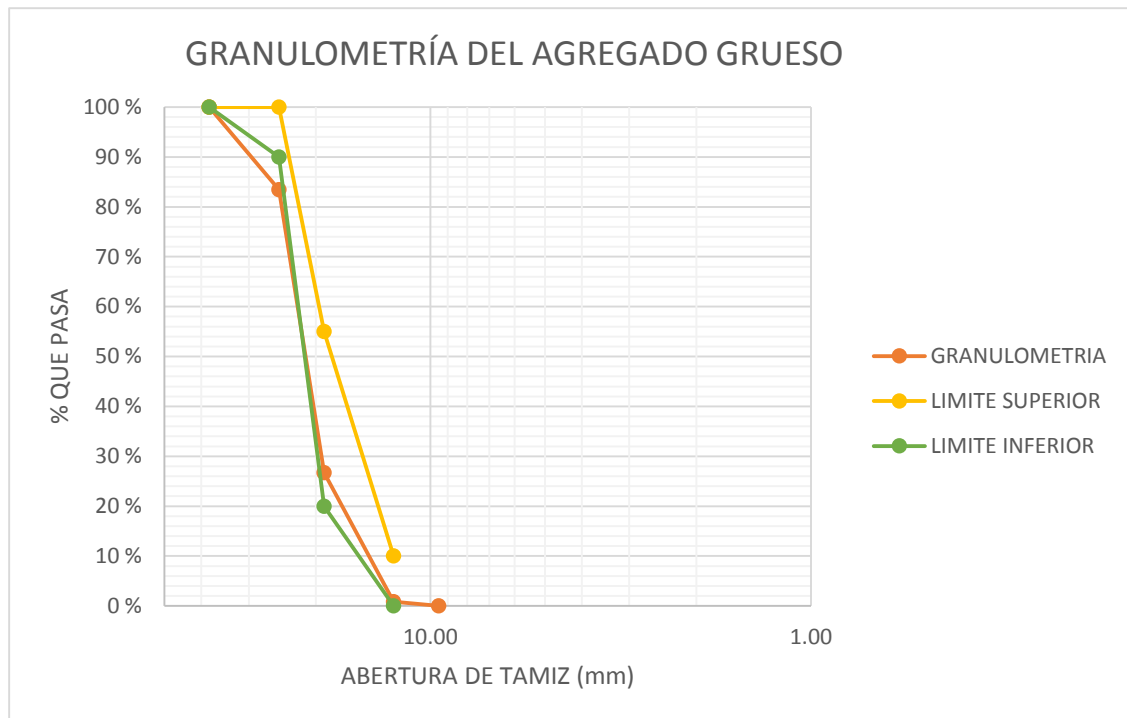


Figura 3. 2. Granulometría de agregado grueso

El agregado grueso no cumple con la granulometría establecida en la norma ASTM-C 33, pero también se puede utilizar siempre y cuando se demuestre con pruebas de laboratorio que se puede conseguir los mismos resultados.

3.2 Módulo de finura

➤ Módulo de finura del agregado fino

$$Mf = \frac{\sum \%_{Acum.Ret} (1 \frac{1}{2} + \frac{3}{4} + \frac{3}{8} + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

$$Mf = \frac{0 + 0 + 0 + 3.49 + 16.43 + 43.33 + 71.46 + 88.91 + 96.91}{100}$$

$$Mf = 3.21$$

- Módulo de finura del agregado grueso

$$Mf = \frac{0 + 73.26 + 99.96 + 99.96 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$Mf = 7.73$$

3.3 Peso unitario

3.3.1 Peso unitario suelto (PUS)

$$PUS = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{Vol. Recipiente}}$$

- Peso unitario suelto del agregado fino

Tabla 3. 5. *Peso unitario suelto del agregado fino*

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO			
	N° de ensayo		
Descripción	E1	E2	PROMEDIO
Peso del recipiente(gr)	2718	2718	
Peso de la muestra + peso de balde (gr)	6883	6994	
Peso de la muestra (gr)	4165	4276	
Volumen del recipiente(m3)	0.00273992	0.00273992	
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1520.12	1560.63	1540.38

Fuente: *elaboración propia*

- Peso unitario suelto del agregado grueso

Tabla 3. 6. *Peso unitario suelto del agregado grueso*

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO			
Descripción	N° DE ENSAYO		PROMEDIO
	E1	E2	
Peso del recipiente(gr)	5630	5630	
Peso de la muestra + peso de balde (gr)	18900	1885	
Peso de la muestra (gr)	13270	13220	
Volumen del recipiente(m3)	0.00939044	0.00939044	
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1413.14	1407.81	1410.48

Fuente: elaboración propia

3.1.2 Peso unitario compactado (PUC)

- Peso unitario compactado del agregado fino

Tabla 3. 7. *Peso unitario compactado del agregado fino*

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO			
Descripción	N° de ensayo		
	E1	E2	PROMEDIO
Peso del recipiente(gr)	2718	2718	
Peso de la muestra + peso del recipiente(gr)	7234	7288	
Peso de la muestra (gr)	4516	4570	
Volumen del recipiente (m3)	0.00273992	0.00273992	
Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1648.22	1667.93	1658.00

Fuente: elaboración propia

- Peso unitario compactado del agregado grueso

Tabla 3. 8. *Peso unitario compactado del agregado grueso*

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO			
Descripción	N° de ensayo		
	E1	E2	PROMEDIO
Peso del recipiente(gr)	5630	5630	
Peso de la muestra + peso del recipiente(gr)	18900	18850	
Peso de la muestra (gr)	13270	13220	
Volumen del recipiente (m3)	0.00939044	0.00939044	
Peso Unitario Compactado (kg/m3)	1413.14	1407.81	1410.48

Fuente: elaboración propia

3.4 Peso específico

- Peso específico del agregado fino

Tabla 3. 9. *Peso específico del agregado fino*

PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO				
Descripción	Códigos	E1	E2	PROMEDIO
Peso de la arena saturada superficialmente seca (gr)	M	500	500	
Peso arena sss + peso del balón + peso del agua (gr)	N	969	970.1	
Peso del balón (gr)	P	157	159.3	
Volumen del agua (cm3)	$W = N - (P + M)$	312	310.7	
Peso de la arena seca del horno (gr)	A	495	493.39	
Volumen del balón (cm3)	V	500	500	
PESO ESPECÍFICO DE MASA (gr/cm3)	$A / (V - W)$	2.63	2.61	2.62
PESO ESPECÍFICO DE MASA SSS (gr/cm3)	$M / (V - W)$	2.66	2.64	2.65
PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm3)	$A / ((V - W) - (500 - A))$	2.7	2.7	2.7

Fuente: elaboración propia

- Peso específico del agregado grueso

Tabla 3. 10. Peso específico del agregado grueso

PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN	CÓDIGOS	E1	E2	PROMEDIO
Peso en el aire de muestra secada en horno (gr)	A	2971.00	2968.00	
Peso en el aire de muestra saturada superficialmente seca (gr)	B	3000.00	3000.00	
Peso en el agua de muestra saturada superficialmente seca (gr)	C	1912.80	1898.00	
PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm3)	A/(B-C)	2.73	2.69	2.71
PESO ESPECIFICO DE MASA SSS (gr/cm3)	B/(B-C)	2.76	2.72	2.74
PESO ESPECIFICO APARENTE (gr/cm3)	A/(A-C)	2.81	2.77	2.79

Fuente: elaboración propia

3.5 Porcentaje de absorción

- Porcentaje de absorción del agregado fino

Tabla 3. 11. Porcentaje de absorción del agregado fino

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN		E1	E2	PROMEDIO
Peso de la arena seca al horno (gr)	A	495.00	493.40	
Peso de la muestra parcialmente seca(gr)	M	500.00	500.00	
PORCENTAJE DE ABSORCION	100*(500-A)/A	1.01	1.34	1.17

Fuente: elaboración propia

- Porcentaje de absorción del agregado grueso

Tabla 3. 12. *Porcentaje de absorción del agregado grueso*

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCIÓN		E1	E2	PROMEDIO
Peso en el aire de muestra secada en horno (gr)	A	2971.00	2968.00	
Peso en el aire de muestra saturada superficialmente seca (gr)	B	3000.00	3000.00	
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$100*(B-A)/A$	0.98	1.08	1.03

Fuente: elaboración propia

- **Resumen de las propiedades del agregado fino**

Procedencia: Cantera Valencia – Carabayllo

Tabla 3. 13. *Resumen de propiedades del agregado fino*

Propiedad	Resultado	Unidad
Peso unitario suelto	1540.38	kg/m ³
Peso unitario compactado	1658.08	kg/m ³
Peso específico de masa	2.62	gr/cm ³
Peso específico S.S.S	2.65	gr/cm ³
Peso específico aparente	2.70	gr/cm ³
Porcentaje de absorción	1.17	%
Contenido de humedad	2.15	%
Módulo de finura	3.21	

Fuente: elaboración propia

➤ **Resumen de las propiedades del agregado grueso**

Procedencia: Cantera Valencia – Carabayllo

Tabla 3. 14. *Resumen de propiedades del agregado grueso*

Propiedad	Resultado	Unidad
Peso unitario suelto	1410.48	kg/m ³
Peso unitario compactado	1569.68	kg/m ³
Peso específico de masa	2.79	gr/cm ³
Peso específico S.S.S	2.74	gr/cm ³
Peso específico aparente	2.71	gr/cm ³
Porcentaje de absorción	1.03	%
Contenido de humedad	0.52	%
Módulo de finura	7.73	
TMN	1	Pulgadas

Fuente: elaboración propia

IV. DISEÑO DE MEZCLAS

4.1 Diseño de mezclas

Hoy en día existen una serie de métodos de diseño de mezclas que mediante tablas y/o gráficos intentan con mayor o menor grado de refinamiento estimar cantidades de agua de amasado en función del tamaño máximo, geometría del agregado, asentamiento, relación agua-cemento, resistencia a la compresión determinadas experimentalmente, las proporciones que intervienen la piedra y la arena en base a consideraciones teóricas y/o prácticas, etc.

El diseño de mezcla que se utilizará en la presente investigación, está basada en tablas normadas por el American Concrete Institute (ACI), y aplicaremos el método de máxima compactación para determinar los porcentajes de agregados gruesos y finos, lo que nos permitirá obtener un diseño óptimo de nuestro concreto patrón.

4.1.1 La resistencia en compresión y relación agua/cemento

Por lo general la resistencia en compresión es un número fundamental que emana del proyecto estructural o en algunas ocasiones el proyectista exige consideraciones especiales de durabilidad, un paso ineludible en el diseño de mezclas es la relación agua/cemento

4.1.2 Procedimiento de diseño de mezcla

La secuencia del diseño de mezcla es la siguiente:

- a) Elección de la relación agua-cemento
- b) Estimación del contenido de aire atrapado para un tamaño máximo nominal , y de la cantidad de agua de diseño inicial para 1m³
- c) Calculo de la cantidad de cemento teniendo en cuenta la relación agua-cemento

$$Cantidad\ de\ cemento = \frac{agua}{(\frac{a}{c})}$$

- d) Se lleva los valores obtenidos de agua, cemento y aire atrapado a sus volúmenes absolutos para luego dividir entre su respectivo peso específico.

$$Vol.\ abs.\ cemento = \frac{peso\ del\ cemento(kg)}{Peso\ esp.\ cemento\ (\frac{kg}{m^3})}$$

$$Vol.\ abs.\ agua = \frac{peso\ del\ agua(kg)}{Peso\ esp.\ agua\ (\frac{kg}{m^3})}$$

- e) Luego se procede a calcular el volumen de agregado fino en la mezcla

$$Vol.\ total = 1 - (vol.\ agr.\ grueso + vol.\ agua + vol.\ cemento + vol.\ aire)$$

- f) Se procede el cálculo de los pesos que corresponde a los volúmenes de los agregados obtenidos en el paso anterior utilizando los pesos específicos secos.

$$\text{Peso seco Arena (kg)} = \text{vol abs arena} * \text{peso esp. arena}$$

$$\text{Peso seco Piedra (kg)} = \text{vol abs piedra} * \text{peso esp. piedra}$$

- g) Corrección en el peso de los agregados por humedad

$$\text{Peso arena humeda(kg)} = \text{peso seco arena} * \left(1 + \frac{C.H \text{ arena}}{100}\right)$$

$$\text{Peso piedra humeda(kg)} = \text{peso seco piedra} * \left(1 + \frac{C.H \text{ piedra}}{100}\right)$$

- h) Contribución por agregados del agua de diseño

$$\text{Aporte agua arena} = \text{peso seco} * (C.H \text{ arena} - \%Abs \text{ arena})$$

$$\text{Aporte agua piedra} = \text{peso seco} * (C.H \text{ piedra} - \%Abs \text{ piedra})$$

- i) Corrección y cantidad final de agua de diseño

$$\text{Corrección agua} = \text{Aporte agua arena} + \text{aporte agua piedra}$$

$$\text{agua final diseño} = \text{cantidad agua inicial} - \text{correccion agua}$$

Teniendo en cuenta este procedimiento, se obtuvo los diseños de mezcla, teniendo en cuenta las características de los materiales a utilizarse.

Los materiales a utilizar en los diseños son:

Tabla 4. 1. Características de los materiales a utilizar

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
Peso unitario suelto	1540.38	1410.48	kg/m3
Peso unitario compactado	1658.08	1569.68	kg/m3
Peso específico de masa	2620	2790	kg/m3
Peso específico sss	2650	2740	kg/m3
Peso específico aparente	2700	2710	kg/m3
Porcentaje de absorción	1.17	1.03	%
Contenido de humedad	2.15	0.52	%
Módulo de finura	3.21	7.73	
Cemento Portland tipo I			
Peso específico		3150	kg/m3

Fuente: elaboración propia

4.2 Diseño de mezcla de concreto patrón con cemento Portland Tipo I

Este diseño se realizó con el método del ACI, lo que nos permite tener un punto de partida para obtener nuestro diseño patrón. Se toma para diseño inicial 193 lt/m3 de agua.

Tabla 4. 2. Diseño de mezcla del concreto patrón con cemento Portland tipo I

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO x m3				TANDA DE PRUEBA 0.025m3	
MATERIAL	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO (Kg/m3)			
		Seco	Húmedo		
Cemento (kg)	0.094	296.92	296.92	Cemento (kg)	7.42
Agua (lt)	0.193	193.00	189.20	Agua (lt)	4.73
Piedra (kg)	0.354	987.33	992.46	Piedra (kg)	24.81
Arena (kg)	0.344	901.28	920.66	Arena (kg)	23.02
Aire incorporado	0.015	Slump		0"	
Total	1.000	Diseño de partida			

Fuente: elaboración propia

Con este diseño inicial nos da un slump igual a 0", por lo cual es una mezcla que no posee trabajabilidad, por eso se procede a hacer un reajuste en el diseño, con la finalidad de tener un asentamiento trabajable comprendido ente 3"-4", se hace un reajuste en las cantidades de los materiales, específicamente en el agua de diseño, logrando tener una mezcla trabajable y un slump adecuado, logrando así las proporciones del concreto patrón

Tabla 4. 3. *Diseño de mezcla final del concreto patrón con cemento Portland tipo I*

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO x m3				TANDA FINAL 0.025 m3	
MATERIAL	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO (Kg/m3)			
		Seco	Húmedo		
Cemento (kg)	0.101	318.00	318.00	Cemento (kg)	7.95
Agua (lt)	0.207	206.7	203.44	Agua (lt)	5.07
Piedra (kg)	0.354	987.33	992.46	Piedra (kg)	24.81
Arena (kg)	0.323	846.18	864.37	Arena (kg)	21.61
Aire incorporado	0.015	Slump		3 ½"	
Total	1	Diseño final			

Fuente: elaboración propia

4.3 Diseño de mezcla empleando el aditivo polifuncional Sikament 290N, y cemento tipo I

Lo que se busca investigar en esta parte de la investigación es cómo el aditivo influye en las características del concreto.

Se analiza dos casos teniendo en cuenta las características del aditivo polifuncional, el primero es manteniendo el contenido de agua constante y el segundo caso manteniendo el rango de asentamiento constante, analizando la reducción de agua que este produce.

Los diseños se obtienen a partir del diseño patrón al que se le adiciona el aditivo sikament 290N, este aditivo funciona como plastificante, superplastificante y reductor de agua dependiendo de la dosificación, como rango plastificante se trabajó con 0.4% y 0.6% y como superplastificante con 1.0% y 1.4%.

Para añadir el aditivo se le ha disminuido la misma cantidad de agua, reemplazando así al valor del agua disminuida, para no variar la relación agua/cemento.

Los materiales utilizados son:

Tabla 4. 4. Características de los materiales usados en el diseño de mezcla con aditivo

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
Peso unitario suelto	1540.38	1410.48	kg/m ³
Peso unitario compactado	1658.08	1569.68	kg/m ³
Peso específico de masa	2620	2790	kg/m ³
Peso específico sss	2650	2740	kg/m ³
Peso específico aparente	2700	2710	kg/m ³
Porcentaje de absorción	1.17	1.03	%
Contenido de humedad	2.15	0.52	%
Módulo de finura	3.21	7.73	
PESO ESPECÍFICO DE MATERIALES			
Cemento Portland tipo I marca “ Sol”		3150 kg/m ³	
Aditivo Sikament 290N		1180 kg/m ³	

Fuente: elaboración propia

4.4 Diseño de mezcla con 0.4% de aditivo y cemento Portland tipo I

- Manteniendo el contenido de agua constante

Tabla 4. 5. *Diseño de mezcla de concreto con 0.4% de aditivo y cemento Portland tipo I*

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO x m3					Tanda 0.025 m3	
MATERIAL	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO (Kg/m3)		PROPOR CIÓN	Peso (kg/m3)	
		Seco	Húmedo		Seco	Húmedo
Cemento (kg)	0.101	318.00	318.00	1	7.95	7.95
Agua (lt)	0.207	206.70	202.21	0.64	5.16	5.14
Piedra (kg)	0.354	987.33	992.46	3.10	24.68	24.47
Arena (kg)	0.322	843.64	861.78	2.65	21.09	22.15
Aditivo (lt)	0.0011	1.08	1.08	0.0034	0.027	0.027
Aire incorporado	0.015	Slump			4"	
Total	1.000	Diseño de mezcla con 0.4% de aditivo				

Fuente: elaboración propia

- Manteniendo asentamiento constante

Tabla 4. 6. *Diseño de mezcla de concreto con 0.4% de aditivo y cemento Portland tipo I*

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO x m3					Tanda 0.025 m3	
MATERIAL	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO (Kg/m3)		PROPORCIÓN	Peso (kg/m3)	
		Seco	Húmedo		Seco	Húmedo
Cemento (kg)	0.101	318.00	318.00	1	7.95	7.95
Agua (lt)	0.207	206.70	202.21	0.64	5.16	5.14
Piedra (kg)	0.354	987.33	992.46	3.10	24.68	24.47
Arena (kg)	0.322	843.64	861.78	2.65	21.09	22.15
Aditivo (lt)	0.0011	1.27	1.27	0.004	0.0318	0.0318
Aire incorporado	0.015	Slump			3 ½ "	
Total	1.000	Diseño de mezcla con 0.4% de aditivo				

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. 7. Reducción de agua con el diseño de mezcla de concreto con 0.4% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo constante el asentamiento

REDUCCIÓN DE AGUA CON 0.4% DE ADITIVO				
Agua de diseño (lt/m3)	Agua empleada (lt/m3)	Reducción		Nueva a/c
		lt/m3	%	
206.70	196.70	10	4.84	0.62

Fuente: elaboración propia

4.5 Diseño de mezcla con 0.6% de aditivo y cemento Portland tipo I

- Manteniendo el contenido de agua constante

Tabla 4. 8. Diseño de mezcla de concreto con 0.6% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el contenido de agua constante

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO x m3					Tanda 0.025 m3	
MATERIAL	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO (Kg/m3)		PROPORCIÓN	Peso (kg/m3)	
		Seco	Húmedo		Seco	Húmedo
Cemento (kg)	0.101	318.00	318.00	1	7.95	7.95
Agua (lt)	0.207	206.70	201.60	0.63	5.17	5.04
Piedra (kg)	0.354	987.33	992.46	3.10	24.68	24.47
Arena (kg)	0.3214	842.07	860.17	2.65	21.05	22.50
Aditivo (lt)	0.0016	1.89	1.89	0.0059	0.047	0.047
Aire incorporado	0.015	Slump			5 ¼"	
Total	1.000	Diseño de mezcla con 0.6% de aditivo				

Fuente: elaboración propia

- Manteniendo asentamiento constante

Tabla 4. 9. *Diseño de mezcla de concreto con 0.6% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el asentamiento constante*

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO x m3					Tanda 0.025 m3	
MATERIAL	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO (kg/m3)		PROPORCIÓN	Peso (kg/m3)	
		Seco	Húmedo		Seco	Húmedo
Cemento (kg)	0.101	318.00	318.00	1	7.95	7.95
Agua (lt)	0.207	206.70	201.60	0.63	5.17	5.04
Piedra (kg)	0.354	987.33	992.46	3.10	24.68	24.47
Arena (kg)	0.3214	842.07	860.17	2.65	21.05	22.50
Aditivo (lt)	0.0016	1.89	1.89	0.0059	0.047	0.047
Aire incorporado	0.015	Slump			3 ½"	
Total	1.000	Diseño de mezcla con 0.6% de aditivo				

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. 10. *Reducción de agua con el diseño de mezcla de concreto con 0.6% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el contenido de agua constante*

REDUCCIÓN DE AGUA CON 0.6 % DE ADITIVO				
Agua de diseño (lt/m3)	Agua empleada (lt/m3)	Reducción		Nueva a/c
		lt/m3	%	
206.70	188.39	18.31	8.86	0.62

Fuente: elaboración propia

4.6 Diseño de mezcla con 1.0% de aditivo y cemento Portland tipo I

- Manteniendo el contenido de agua constante

Tabla 4. 11. *Diseño de mezcla de concreto con 1.0% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el contenido de agua constante*

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO x m3					Tanda 0.025 m3	
MATERIAL	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO (Kg/m3)		PROPORCIÓN	Peso (kg/m3)	
		Seco	Húmedo		Seco	Húmedo
Cemento (kg)	0.101	318.00	318.00	1	7.95	7.95
Agua (lt)	0.207	206.70	200.32	0.63	5.17	5.01
Piedra (kg)	0.354	987.66	992.80	3.10	24.68	24.47
Arena (kg)	0.321	841.02	859.10	2.65	21.03	21.48
Aditivo (lt)	0.0027	3.18	3.18	0.0059	0.080	0.080
Aire incorporado	0.015	Slump			6 ¾"	
Total	1.000	Diseño de mezcla con 1.0% de aditivo				

Fuente: elaboración propia

- Manteniendo asentamiento constante

Tabla 4. 12. *Diseño de mezcla de concreto con 1.0% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el asentamiento constante*

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO x m3					Tanda 0.025 m3	
MATERIAL	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO (Kg/m3)		PROPORCIÓN	Peso (kg/m3)	
		Seco	Húmedo		Seco	Húmedo
Cemento (kg)	0.101	318.00	318.00	1	7.95	7.95
Agua (lt)	0.207	206.70	200.32	0.63	5.17	5.01
Piedra (kg)	0.354	987.66	992.80	3.10	24.68	24.47
Arena (kg)	0.321	841.02	859.10	2.65	21.03	21.48
Aditivo (lt)	0.0027	3.18	3.18	0.0059	0.080	0.080
Aire incorporado	0.015	Slump			3 ½"	
Total	1.000	Diseño de mezcla con 1.0% de aditivo				

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. 13. Reducción de agua con el diseño de mezcla de concreto con 1.0% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el contenido de agua constante

REDUCCIÓN DE AGUA CON 1.0 % DE ADITIVO				
Agua de diseño (lt/m3)	Agua empleada (lt/m3)	Reducción		Nueva a/c
		lt/m3	%	
206.70	175.65	31.05	15.02	0.55

Fuente: elaboración propia

4.7 Diseño de mezcla con 1.4% de aditivo y cemento Portland tipo I

- Manteniendo el contenido de agua constante

Tabla 4. 14. Diseño de mezcla de concreto con 1.4% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el contenido de agua constante

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO x m3					Tanda 0.025 m3	
MATERIAL	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO (Kg/m3)		PROPORCIÓN	Peso (kg/m3)	
		Seco	Húmedo		Seco	Húmedo
Cemento (kg)	0.101	318.00	318.00	1	7.95	7.95
Agua (lt)	0.207	206.70	199.10	0.63	5.17	4.98
Piedra (kg)	0.354	987.66	992.80	3.10	24.68	24.47
Arena (kg)	0.319	835.78	853.75	2.68	20.89	21.34
Aditivo (lt)	0.0038	4.45	4.45	0.014	0.11	0.11
Aire incorporado	0.015	Slump			7 ½"	
Total	1.000	Diseño de mezcla con 1.4% de aditivo				

Fuente: elaboración propia

- Manteniendo asentamiento constante

Tabla 4. 15. *Diseño de mezcla de concreto con 1.4% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el asentamiento constante*

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO x m3					Tanda 0.025 m3	
MATERIAL	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO (Kg/m3)		PROPORCIÓN	Peso (kg/m3)	
		Seco	Húmedo		Seco	Húmedo
Cemento (kg)	0.101	318.00	318.00	1	7.95	7.95
Agua (lt)	0.207	206.70	199.10	0.63	5.17	4.98
Piedra (kg)	0.354	987.66	992.80	3.10	24.68	24.47
Arena (kg)	0.319	835.78	853.75	2.68	20.89	21.34
Aditivo (lt)	0.0038	4.45	4.45	0.014	0.11	0.11
Aire incorporado	0.015	Slump			3 ½"	
Total	1.000	Diseño de mezcla con 1.4% de aditivo				

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. 16. *Reducción de agua con el diseño de mezcla de concreto con 1.0% de aditivo y cemento Portland tipo I, manteniendo el contenido de agua constante*

REDUCCIÓN DE AGUA CON 1.4 % DE ADITIVO				
Agua de diseño (lt/m3)	Agua empleada (lt/m3)	Reducción		Nueva a/c
		lt/m3	%	
206.70	168.83	37.87	18.32	0.53

Fuente: elaboración propia

V. Ensayos

Para poder determinar los cambios que se producen en el concreto, debido al incremento del aditivo, es necesario realizar una serie de ensayos, dependiendo estos de nuestros objetivos de investigación.

Los ensayos en el concreto fresco son para determinar si el diseño patrón es adecuado, de acuerdo a las características dadas, si no es así se procede hacer las correcciones necesarias.

En cambio, en estado endurecido es para poder determinar cómo este concreto se comportará en el futuro, es así como soportará las cargas para las que fue diseñado.

5.1 Ensayos en estado fresco

5.1.1 Asentamiento o slump

El asentamiento es el ensayo que se realiza al concreto fresco para determinar su fluidez, consiste en llenar el cono de Abrams, en tres capas apisonadas con 25 golpes cada capa para luego retirar el molde y medir el asentamiento, el asentamiento puede ser: seco, convencional, rango medio y rango alto.

Tabla 5. 1. Concreto según su consistencia

Concreto según su consistencia	
Tipo de concreto	Slump
Estándar	0"-4"
Plastificante	4"-6"
Superplastificante	6"-8"
Rheoplástico	8"

Fuente: Enrique Rivva López

5.1.1.1 Asentamiento del concreto manteniendo constante la cantidad de agua

Tabla 5. 2. Asentamiento del concreto con cemento portland tipo I

Tipo de concreto	Slump	N° de mediciones
Concreto Patrón	3 ½"	3
Aditivo como plastificante		
0.4% aditivo	4"	3
0.6% aditivo	5 ¼"	3
Aditivo como superplastificante		
1.0%aditivo	6 ¾"	3
1.4% aditivo	7 ½"	3

Fuente: elaboración propia

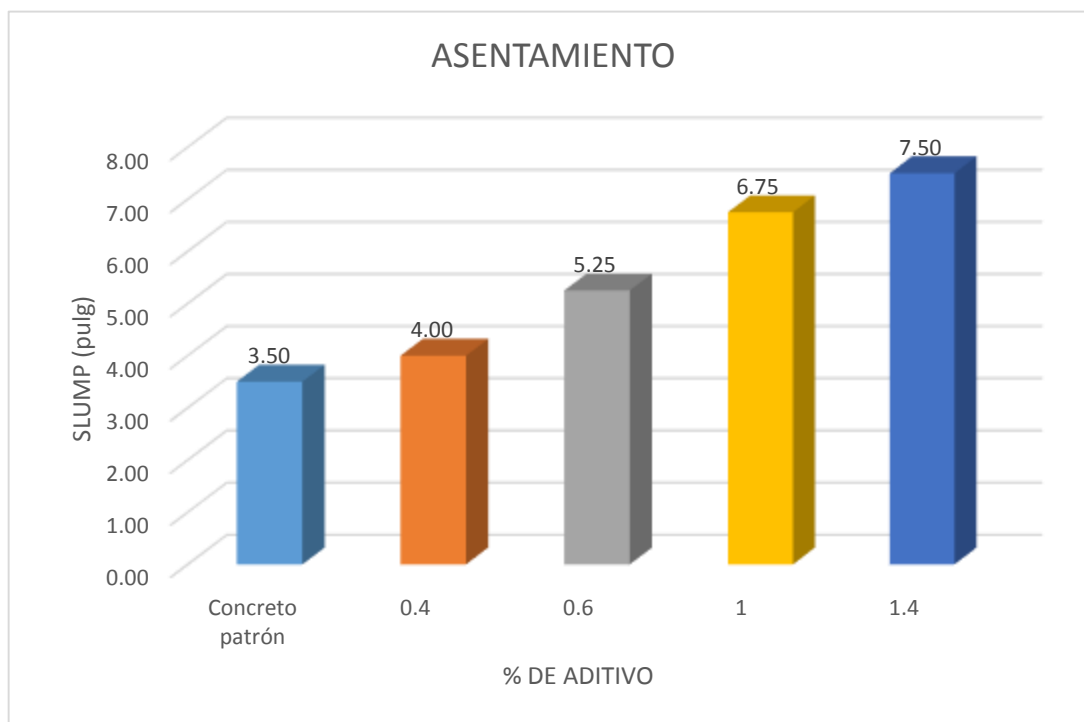


Figura 5. 1. Asentamiento del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N

Tabla 5. 3. Valores porcentuales de asentamiento del concreto con cemento portland tipo I

Tipo de concreto	Slump	Variación %
Concreto Patrón	3.5	100.00%
Aditivo como plastificante		
0.4% aditivo	4	114.29%
0.6% aditivo	5.25	150.00%
Aditivo como superplastificante		
1.0%aditivo	6.75	192.86%
1.4% aditivo	7.5	214.29%

Fuente: elaboración propia

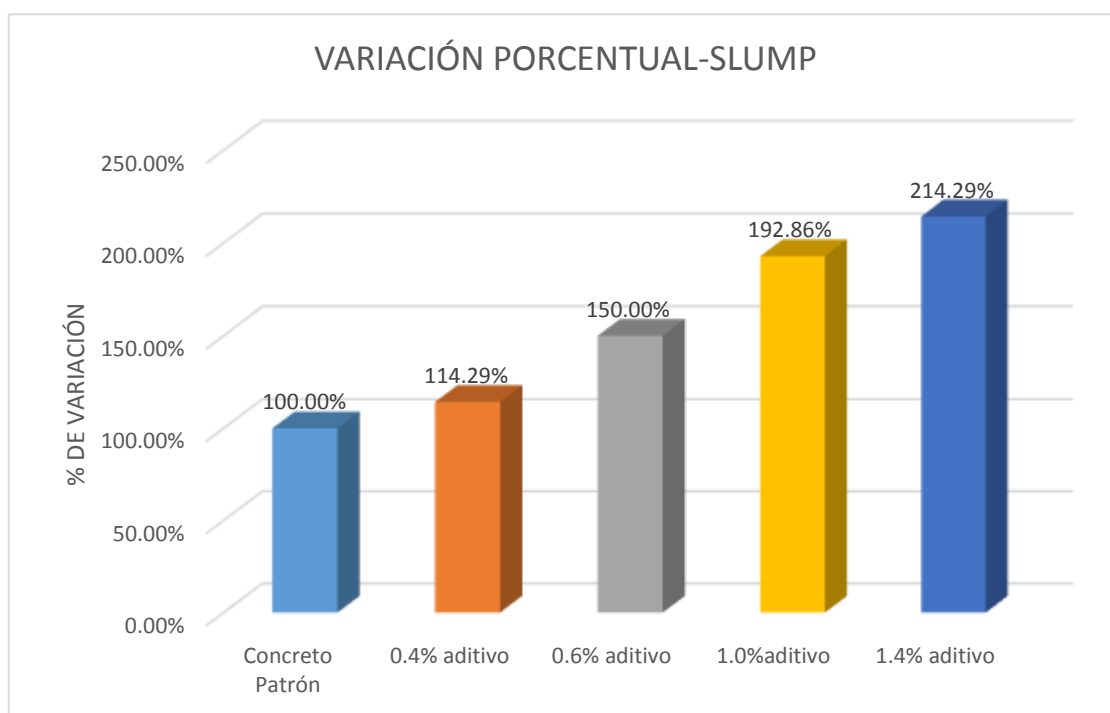


Figura 5. 2. Asentamiento del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N

Los porcentajes de variación son con respecto al concreto patrón, además se puede observar que el incremento del slump es de acuerdo al incremento del aditivo, se tiene así que para 1.4 % de aditivo, con respecto al peso del cemento, hay un incremento de 114.29%.

5.1.2 Peso unitario

El peso unitario del concreto es el peso varillado de una muestra representativa del concreto. Se expresa en kilos por metro cúbico.

Este ensayo consiste en compactar una muestra de concreto en un recipiente normado, para luego pesar y dividir el peso entre el volumen del recipiente, la norma que los rige es la Norma Técnica Peruana 339.046.

Dependiendo del peso unitario, los concretos se clasifican en:

- **Concretos livianos:** Son preparados con agregado grueso natural o artificial, de baja gravedad específica y el rango de peso unitario es de 480 a 1600 kg/m³.
- **Concretos normales:** Son aquellos concretos cuyo peso unitario varía entre 1700 a 2500 kg/m³
- **Concretos pesados:** son aquellos cuya gravedad específica es alta, puede llegar a pesar hasta 6000 kg/m³

5.1.2.1 Peso unitario del concreto manteniendo constante el contenido de agua

Tabla 5. 4. *Peso unitario del concreto con aditivo sikament 290N*

Tipo de concreto	Peso Unitario (kg/m ³)
Concreto Patrón	2493.64
Aditivo como plastificante	
0.4% aditivo	2488.62
0.6% aditivo	2484.91
Aditivo como superplastificante	
1.0%aditivo	2478.18
1.4% aditivo	2456.98

Fuente: elaboración propia

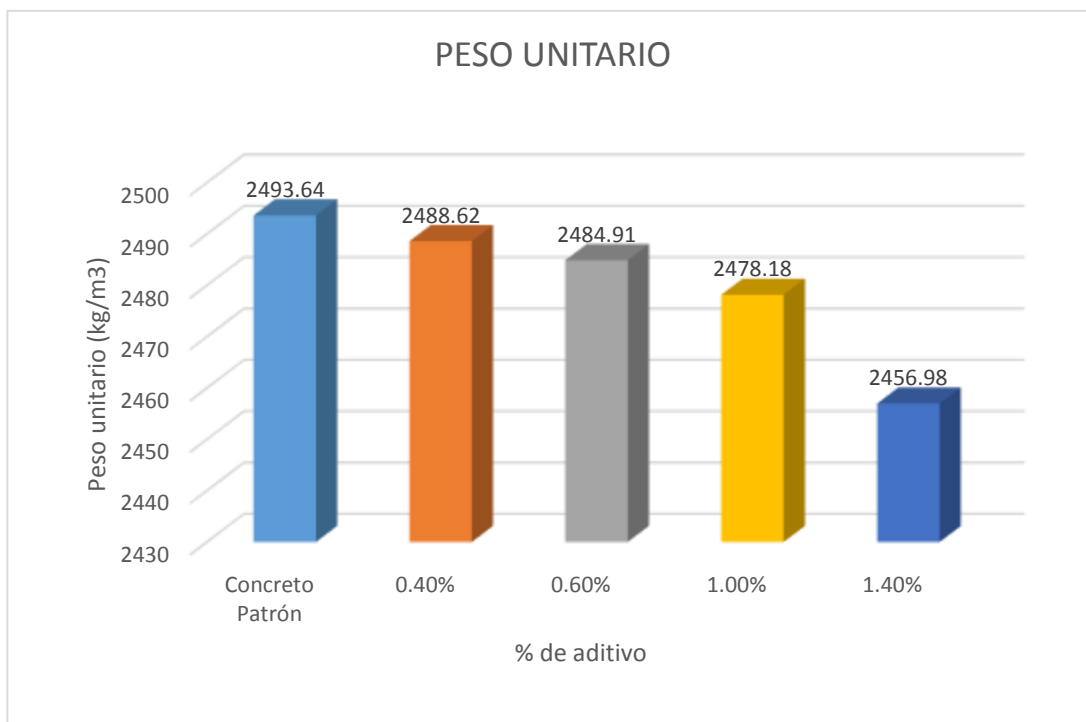


Figura 5. 3. Peso unitario del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N

Según el grafico se puede observar que conforme se va incrementando el aditivo el peso unitario disminuye, sin embargo la variación es mínima.

Tabla 5. 5. Valores porcentuales de peso unitario del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N.

Tipo de concreto	Peso Unitario (kg/m3)	% de variación
Concreto Patrón	2493.64	100%
Aditivo como plastificante		
0.4% aditivo	2488.62	99.80%
0.6% aditivo	2484.91	99.65%
Aditivo como superplastificante		
1.0%aditivo	2478.18	99.38%
1.4% aditivo	2456.98	98.53%

Fuente: elaboración propia

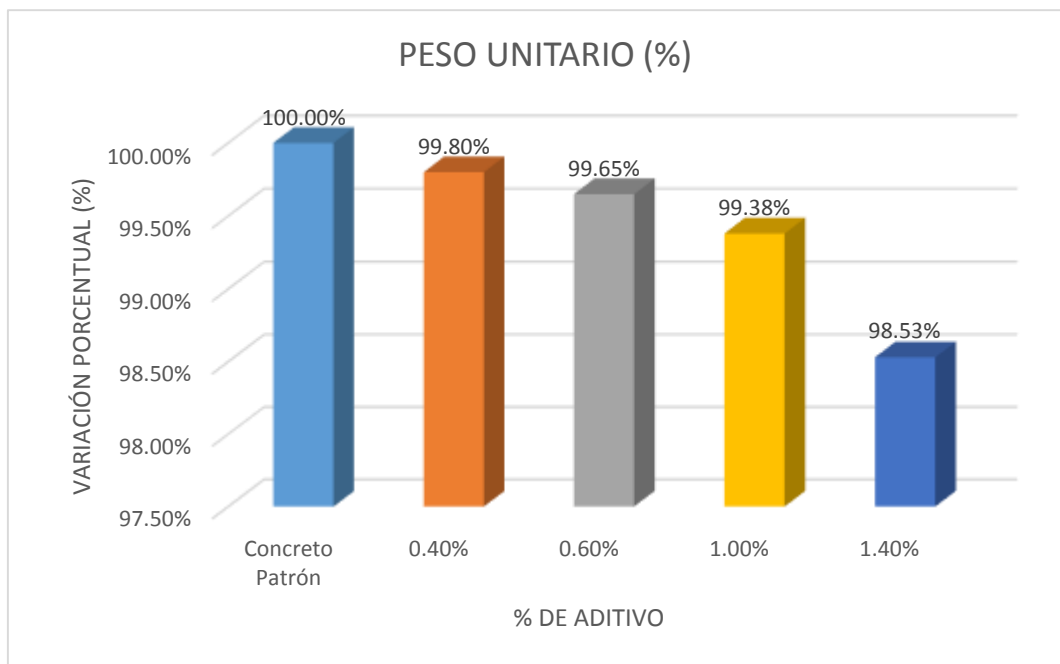


Figura 5. 4. Variación porcentual peso unitario del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N

5.1.2.2 Peso unitario del concreto manteniendo constante el asentamiento

Tabla 5. 6. *Peso unitario del concreto con aditivo sikament 290N manteniendo constante el asentamiento*

Tipo de concreto	REDUCCIÓN DE AGUA (%)	Peso unitario (kg/m3)
Concreto Patrón	0.00	2493.64
Aditivo como plastificante		
0.4% aditivo	4.84	2463.50
0.6% aditivo	8.86	2466.43
Aditivo como superplastificante		
1.0%aditivo	15.02	2469.71
1.4% aditivo	18.32	2478.12

Fuente: elaboración propia

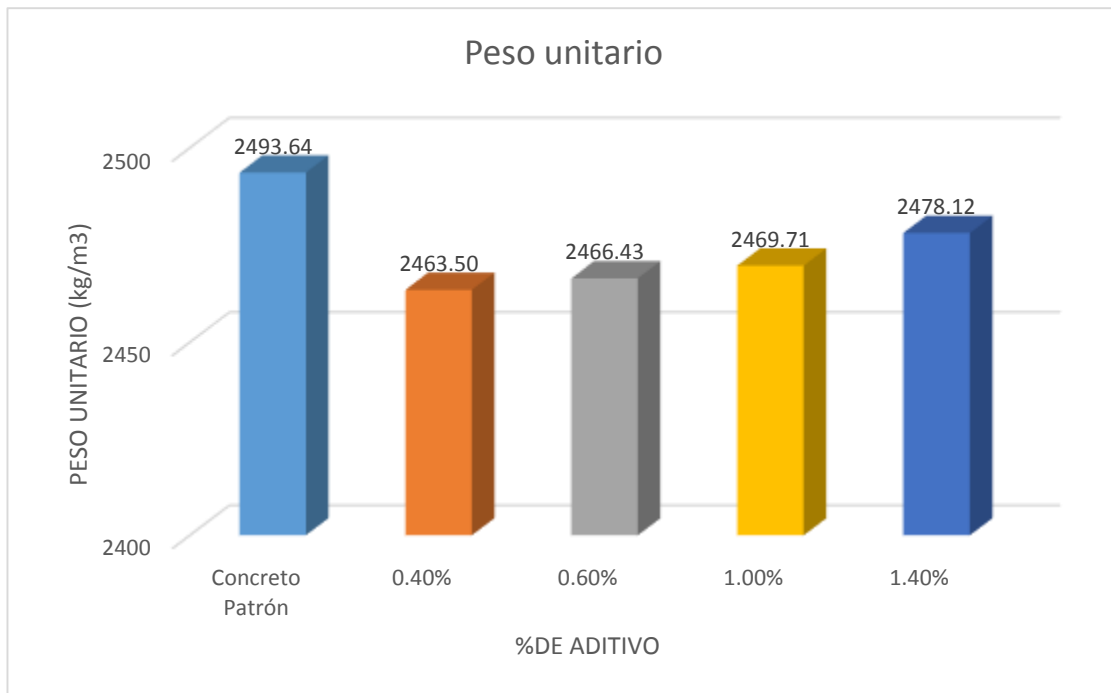


Figura 5. 5. Peso unitario del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N, manteniendo constante el asentamiento

Tabla 5. 7. Variación porcentual peso unitario del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N, manteniendo constante el asentamiento

Tipo de concreto	REDUCCIÓN DE AGUA (%)	VARIACIÓN (%)
Concreto Patrón	0.00	100
Aditivo como plastificante		
0.4% aditivo	4.84	98.79
0.6% aditivo	8.86	98.91
Aditivo como superplastificante		
1.0%aditivo	15.02	99.04
1.4% aditivo	18.32	99.38

Fuente: elaboración propia

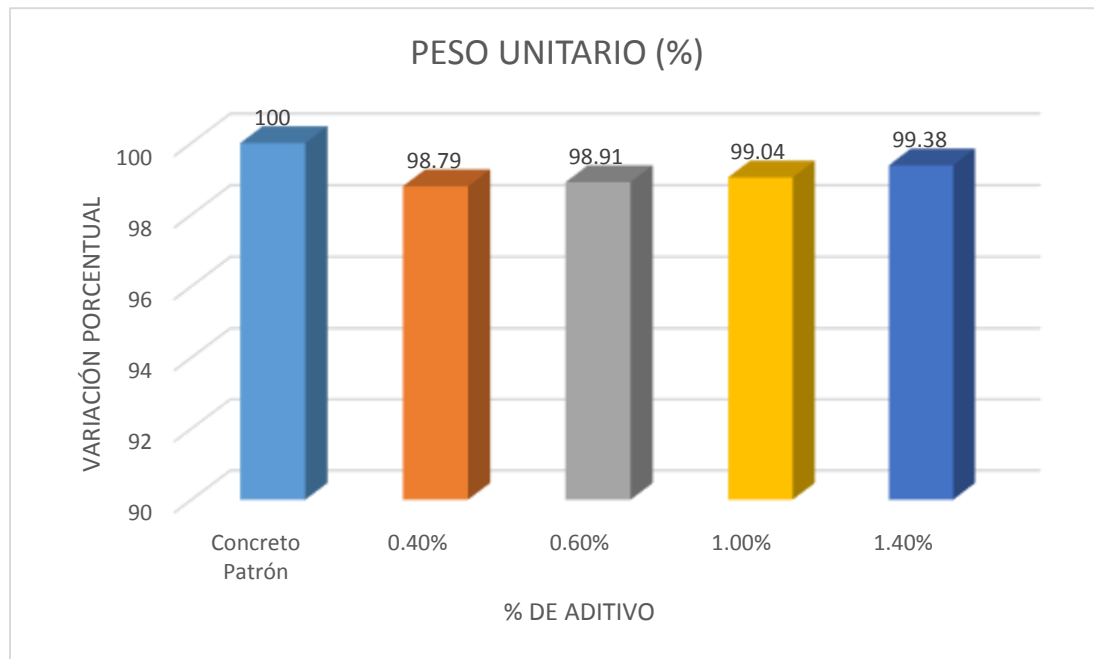


Figura 5. 6. Variación porcentual peso unitario del concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N, manteniendo constante el asentamiento

5.1.3 Contenido de aire

Cuando el concreto estará expuesto a ciclos de congelación y deshielo es necesario que se incluya aire, porque este aire incluido aportará espacios microscópicos en el concreto, ofreciendo así un alivio de presiones. Sin embargo en concretos de 200 a 350 kg/cm², si se incrementa el aire en más de 5%, la resistencia se verá reducida, esta reducción será de 3% al 5% de la resistencia por cada 1% de contenido de aire por encima del valor de diseño.

Para esta investigación se empleó el método de presiones, está regido por la Norma Técnica Peruana 339.088 el cual consiste en poner el concreto en tres capas en el aparato Washington y varillar 25 veces por capa, enrazar y tapar a presión, para luego introducir agua por una de sus válvulas, se bombea aire para finalmente hacer la lectura.

5.1.3.1 Contenido de aire manteniendo constante la cantidad de agua

Tabla 5. 8. *Contenido de aire del concreto manteniendo constante el contenido de agua*

Tipo de concreto	Contenido de aire (%)
Concreto Patrón	1.8
Aditivo como plastificante	
0.4% aditivo	1.70
0.6% aditivo	1.57
Aditivo como superplastificante	
1.0%aditivo	1.45
1.4% aditivo	0.78

Fuente: elaboración propia

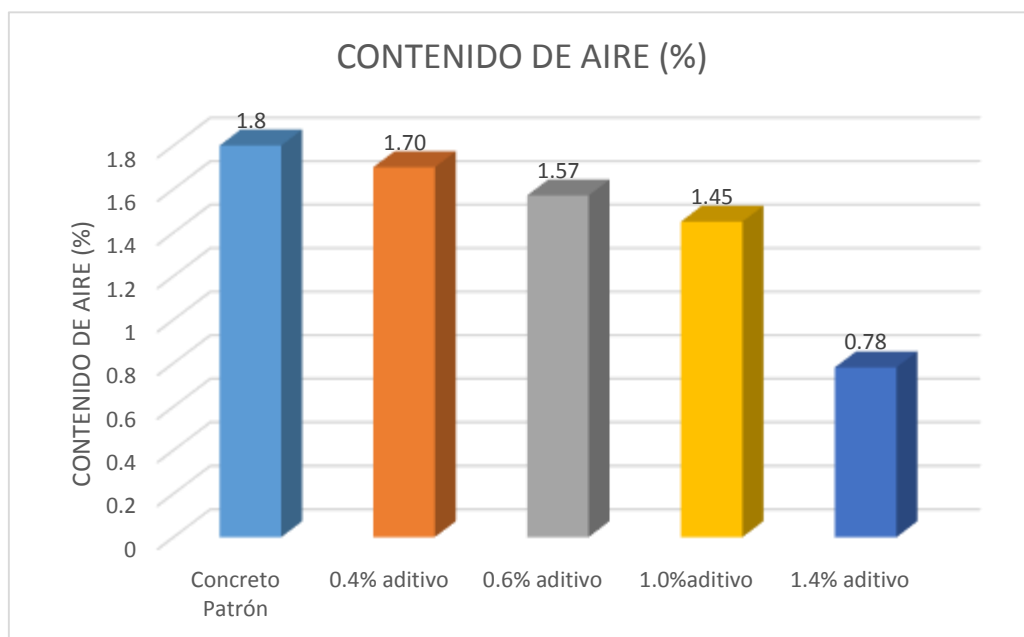


Figura 5. 7. *Contenido de aire del concreto manteniendo constante el contenido de agua*

Tabla 5. 9. Variación porcentual del contenido de aire del concreto manteniendo constante el contenido de agua

Tipo de concreto	Contenido de aire (%)
Concreto Patrón	100
Aditivo como plastificante	
0.4% aditivo	94.44
0.6% aditivo	87.22
Aditivo como superplastificante	
1.0%aditivo	80.56
1.4% aditivo	43.33

Fuente: elaboración propia

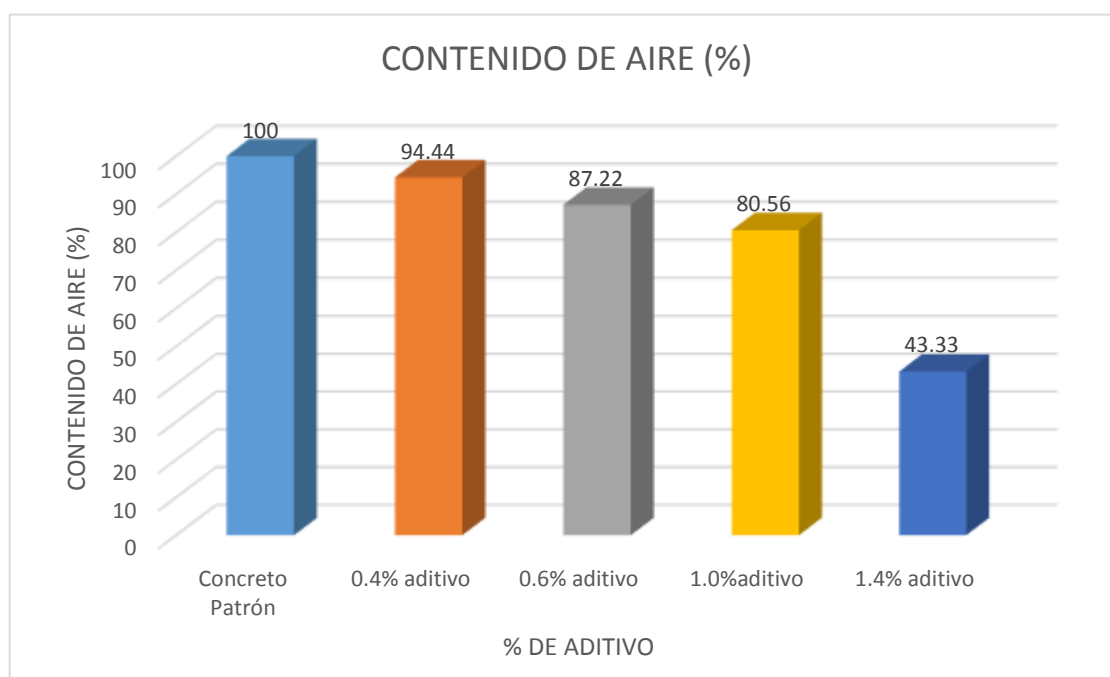


Figura 5. 8. Variación porcentual del contenido de aire del concreto manteniendo constante el contenido de agua

5.1.3.2 Contenido de aire manteniendo constante el asentamiento

Tabla 5. 10. *Contenido de aire con cemento tipo I y aditivo sikament 290N manteniendo constante el asentamiento*

TIPO DE CONCRETO	REDUCCIÓN DE AGUA (%)	CONTENIDO DE AIRE (%)
Concreto Patrón	0.00	1.8
Aditivo como plastificante		
0.4% aditivo	4.84	0.79
0.6% aditivo	8.86	1.4
Aditivo como superplastificante		
1.0%aditivo	15.02	2.25
1.4% aditivo	18.32	3.22

Fuente: elaboración propia

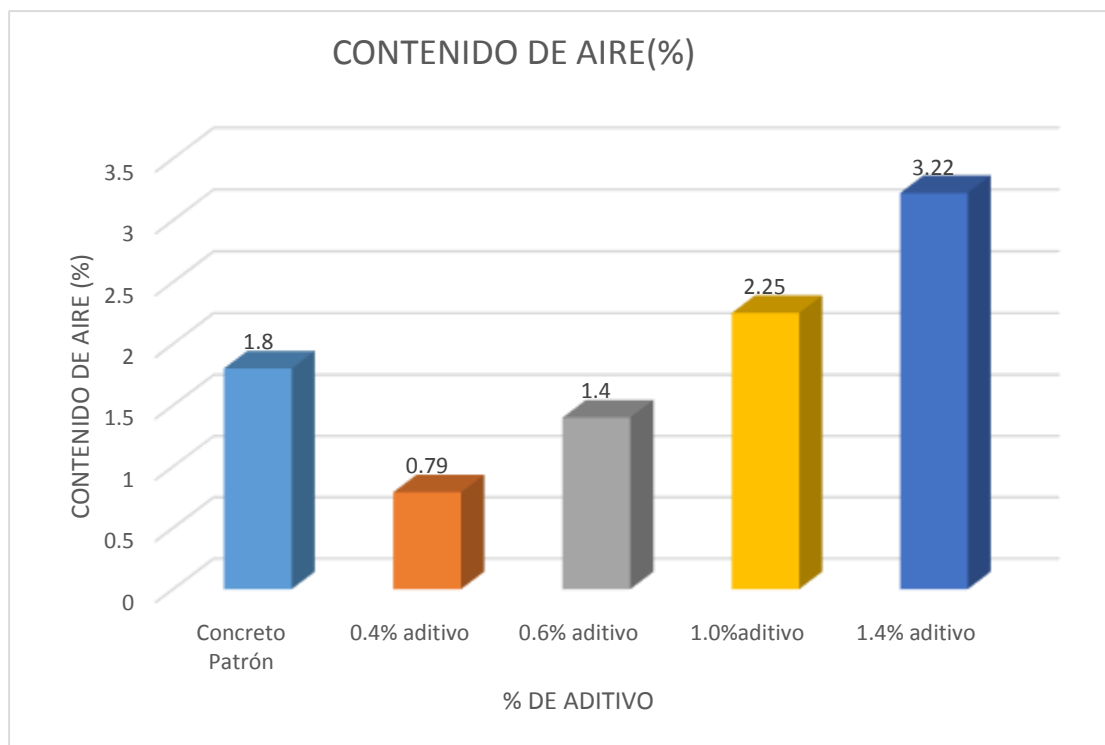


Figura 5. 9. *Contenido de aire con cemento tipo I y aditivo sikament 290N manteniendo constante el asentamiento*

Tabla 5. 11. Variación porcentual del contenido de aire con cemento tipo I y aditivo sikament 290N manteniendo constante el asentamiento

Tipo de concreto	REDUCCIÓN DE AGUA (%)	CONTENIDO DE AIRE (%)
Concreto Patrón	0.00	100
Aditivo como plastificante		
0.4% aditivo	4.84	43.89
0.6% aditivo	8.86	77.78
Aditivo como superplastificante		
1.0%aditivo	15.02	125.00
1.4% aditivo	18.32	178.89

Fuente: elaboración propia

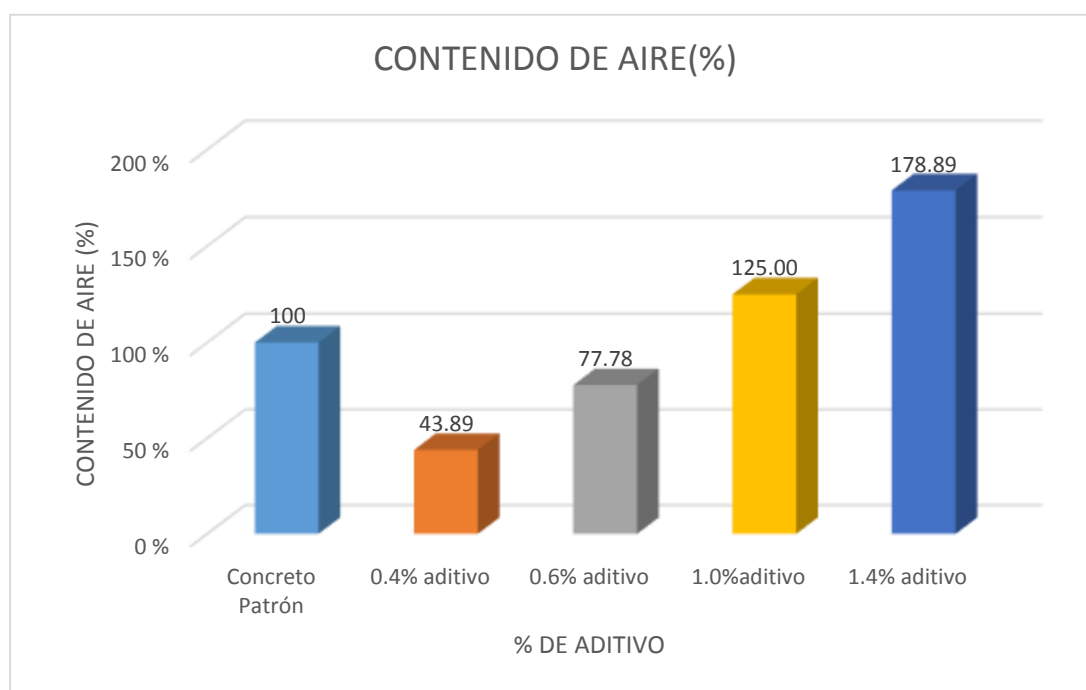


Figura 5. 10. Variación porcentual del contenido de aire con cemento tipo I y aditivo sikament 290N manteniendo constante el asentamiento

5.1.4 Exudación

La exudación del concreto es una propiedad que consiste en que el agua de mezcla tiende a subir a la superficie, ya sea del concreto recién colocado a durante el fraguado.

Uno de los efectos de una excesiva exudación es que ocasiona que el concreto sea más poroso y débil, debido a los vacíos dejados en su afloramiento hacia la superficie del concreto, afectando así a la resistencia y la durabilidad. Por otro lado, si la exudación es mínima los concretos deberán tener un curado adecuado para evitar grietas por contracción por secado.

5.1.4.1 Exudación del concreto manteniendo el contenido de agua constante

Tabla 5. 12. Exudación del concreto manteniendo constante el contenido de agua

Tipo de concreto	EXUDACIÓN (%)
Concreto Patrón	1.30
Aditivo como plastificante	
0.4% aditivo	1.48
0.6% aditivo	1.73
Aditivo como superplastificante	
1.0%aditivo	2.58
1.4% aditivo	3.35

Fuente: elaboración propia

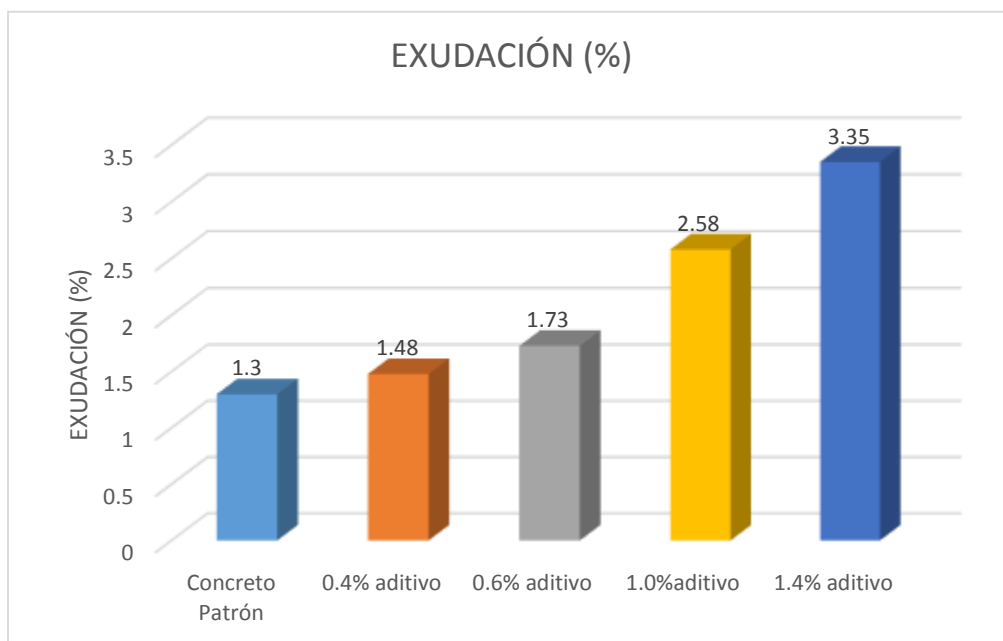


Figura 5. 11. Exudación del concreto manteniendo constante el contenido de agua

Tabla 5. 13. Variación porcentual de la exudación del concreto manteniendo constante el contenido de agua

Tipo de concreto	Exudación (%)
Concreto Patrón	100
Aditivo como plastificante	
0.4% aditivo	113.85
0.6% aditivo	133.08
Aditivo como superplastificante	
1.0% aditivo	198.46
1.4% aditivo	257.69

Fuente: elaboración propia

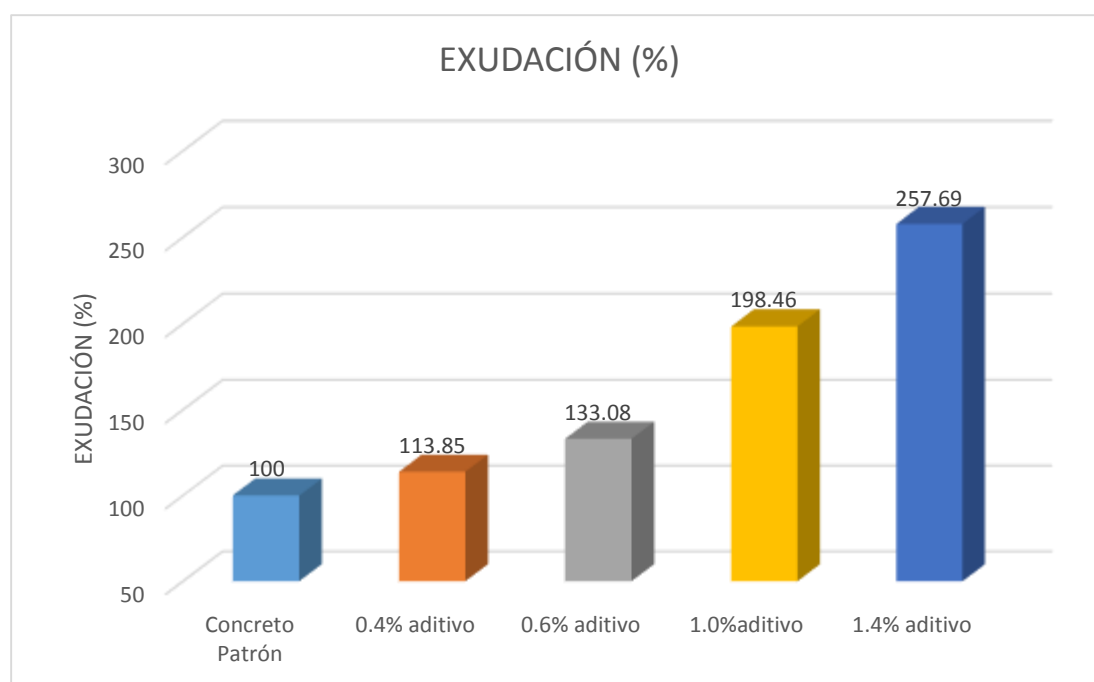


Figura 5. 12. Variación porcentual de la exudación del concreto manteniendo constante el contenido de agua

5.1.4.2 Exudacion del concreto manteniendo constante el asentamiento

Tabla 5. 14. Exudación del concreto manteniendo constante el asentamiento

Tipo de concreto	REDUCCIÓN DE AGUA (%)	EXUDACIÓN (%)
Concreto Patrón	0.00	1.3
Aditivo como plastificante		
0.4% aditivo	4.84	0.90
0.6% aditivo	8.86	0.75
Aditivo como superplastificante		
1.0% aditivo	15.02	0.68
1.4% aditivo	18.32	0.63

Fuente: elaboración propia

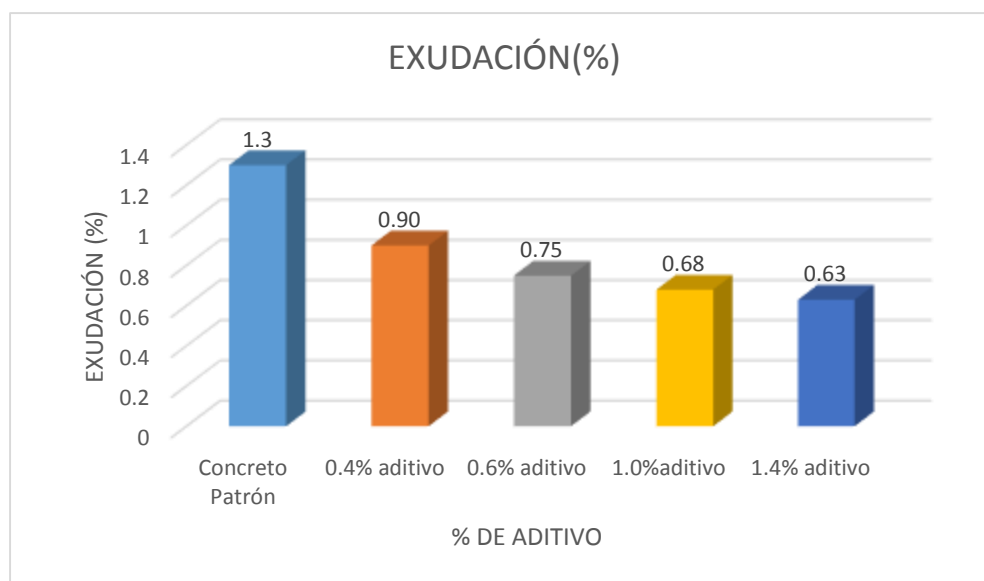


Figura 5. 13. Exudación del concreto manteniendo constante el asentamiento

Tabla 5. 15. Variación porcentual de la exudación del concreto manteniendo constante el asentamiento

TIPO DE CONCRETO	REDUCCIÓN DE AGUA (%)	EXUDACIÓN (%)
Concreto Patrón	0.00	100
Aditivo como plastificante		
0.4% aditivo	4.84	69.23
0.6% aditivo	8.86	57.69
Aditivo como superplastificante		
1.0%aditivo	15.02	52.31
1.4% aditivo	18.32	48.46

Fuente: elaboración propia

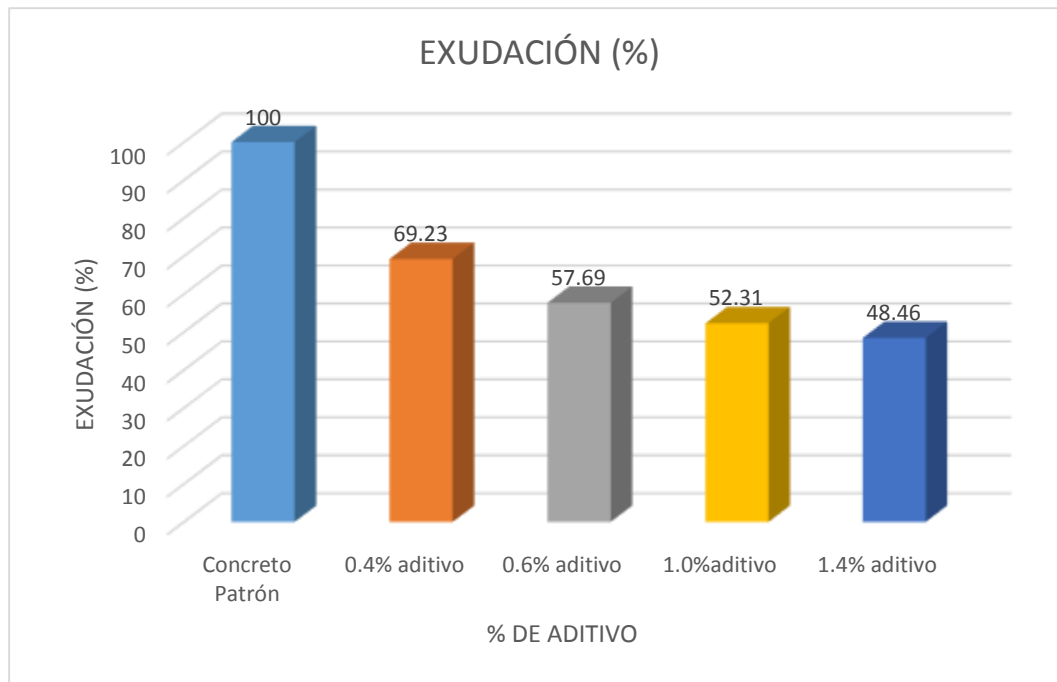


Figura 5. 14. Variación porcentual de la exudación del concreto manteniendo constante el asentamiento

5.1.5 Tiempo de fragua

El fraguado es el tiempo en donde el concreto fresco va cambiando de su consistencia plástica y moldeable a una indeformable. Cuando el cemento y el agua entran en contacto, se produce una reacción exotérmica que marca el inicio del endurecimiento del concreto. Está regido por la Norma Técnica peruana 339.082

Se puede distinguir dos procesos dentro del tiempo de fraguado:

Tiempo de fraguado inicial (TFI) Dentro del proceso general del endurecimiento se presenta un estado en que la mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar. El tiempo de fraguado inicial es considerado desde que la resistencia a la penetración es de 500 lb/pulg²

Tiempo de fraguado final (TFF) Es cuando la mezcla perdió totalmente su capacidad de deformación. Además, la consistencia ha alcanzado un

valor muy apreciable. El tiempo de fraguado final es cuando la resistencia a la penetración es de 4000lb/pulg²

5.1.5.1 Tiempo de fraguado del concreto manteniendo el contenido de agua constante

Tabla 5. 16. *Tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el contenido de agua*

TIPO DE CONCRETO	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (h:min)	TIEMPO DE FRAGUA FINAL (h:min)
Concreto Patrón	3h 58min	5h 23min
Aditivo como plastificante		
0.4% aditivo	4h 02min	5h 39min
0.6% aditivo	4h 6min	5h 47min
Aditivo como superplastificante		
1.0%aditivo	4h 28min	6h 12min
1.4% aditivo	4h 53min	6h 44min

Fuente: elaboración propia

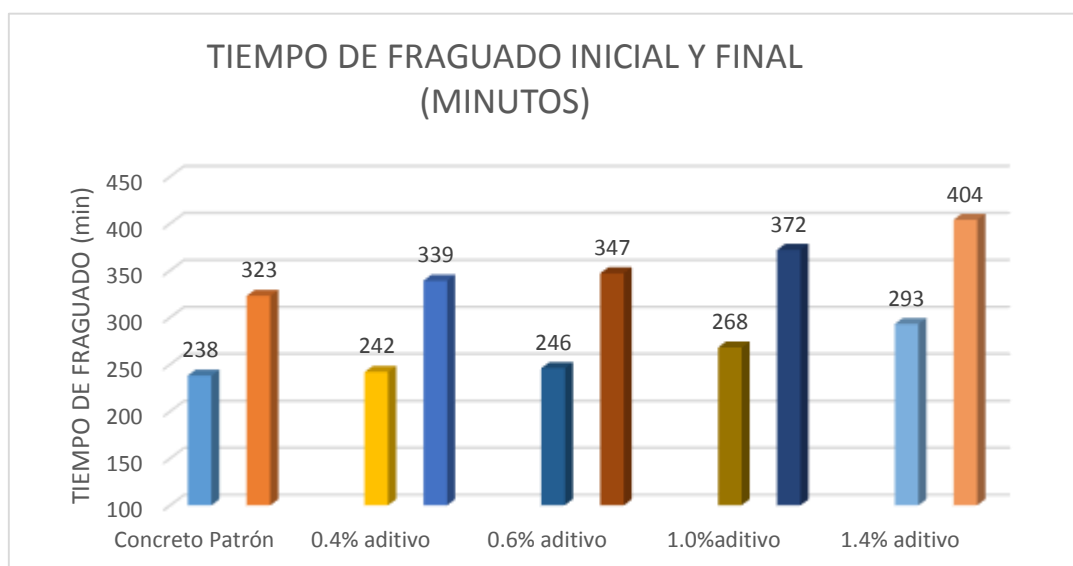


Figura 5. 15. Tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el contenido de agua

Tabla 5. 17. Variación porcentual del tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el contenido de agua

Tipo de concreto	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (%)	TIEMPO DE FRAGUA FINAL (%)
Concreto Patrón	100	100
Aditivo como plastificante		
0.4% aditivo	101.68	104.95
0.6% aditivo	103.36	107.43
Aditivo como superplastificante		
1.0%aditivo	112.61	115.17
1.4% aditivo	123.11	125.08

Fuente: elaboración propia

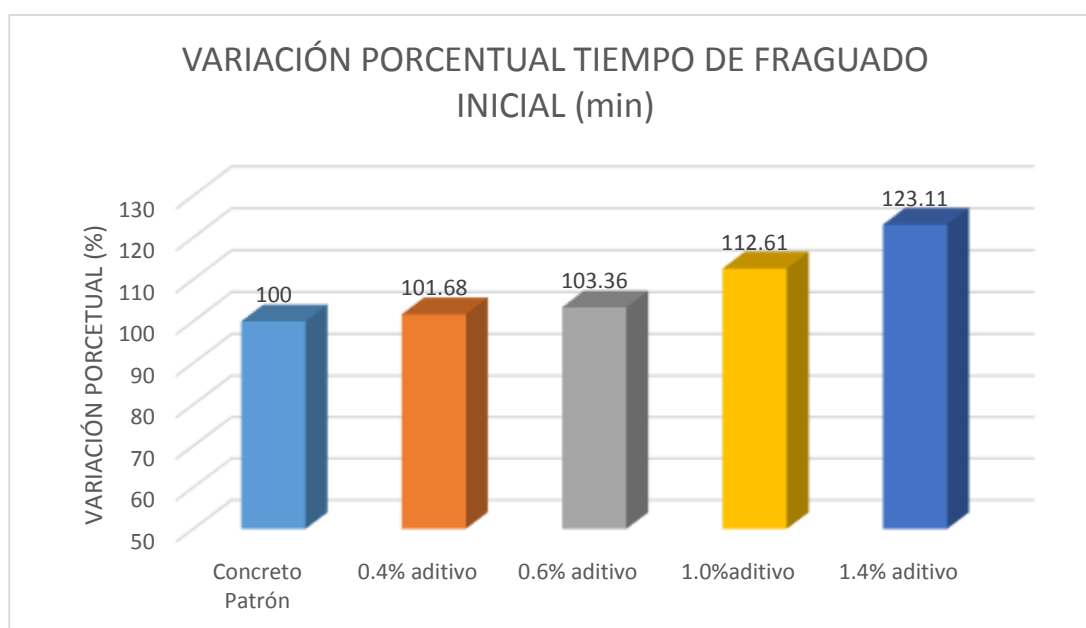


Figura 5. 16. Variación porcentual del tiempo de fraguado inicial del concreto manteniendo constante el contenido de agua

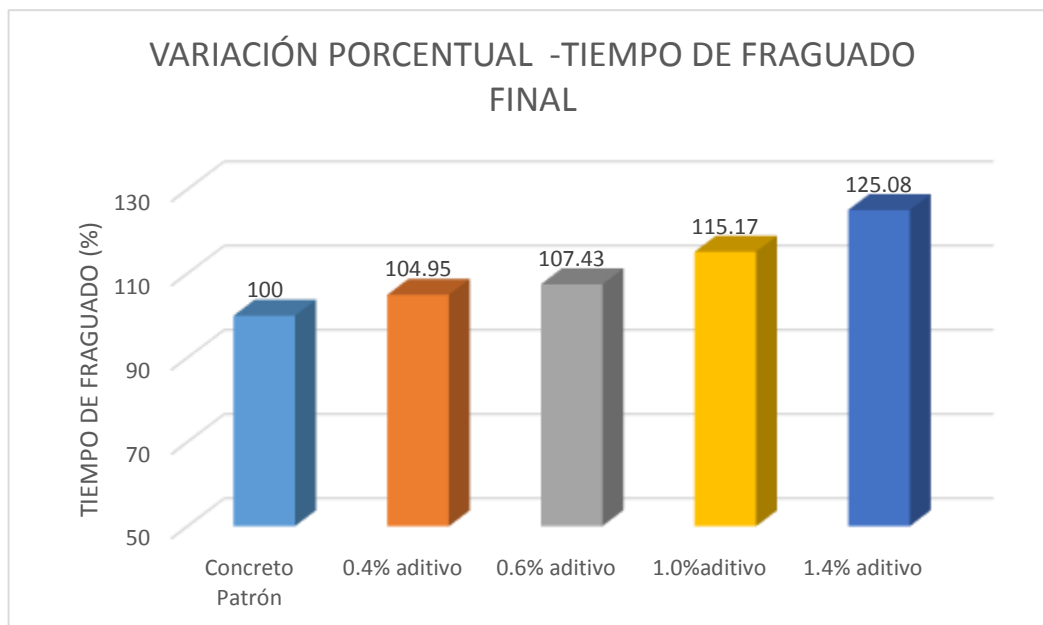


Figura 5. 17. Variación porcentual del tiempo de fraguado final del concreto manteniendo constante el contenido de agua

5.1.5.2 Tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el asentamiento

Tabla 5. 18. *Tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el asentamiento*

TIPO DE CONCRETO	REDUCCIÓN DE AGUA (%)	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (h:min)	TIEMPO DE FRAGUA FINAL (h:min)
Concreto Patrón	0.00	3h 58min	5h 23min
Aditivo como plastificante			
0.4% aditivo	4.84	3h 58min	5h 32min
0.6% aditivo	8.86	3h 59min	5h 33min
Aditivo como superplastificante			
1.0%aditivo	15.02	4h 00min	5h 40min
1.4% aditivo	18.32	4h 01min	5h 45min

Fuente: elaboración propia

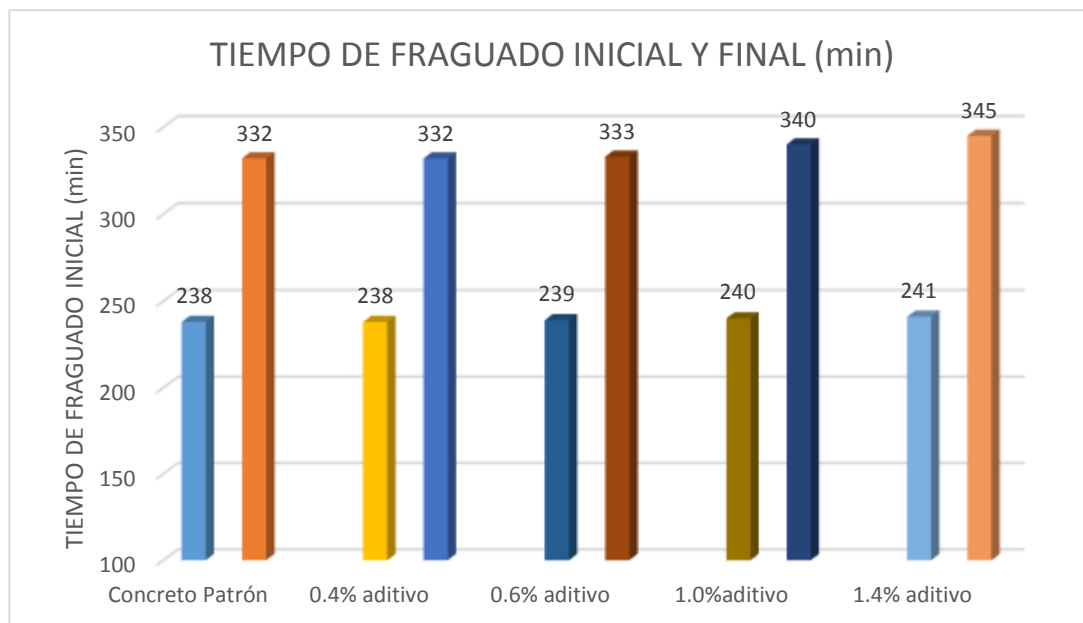


Figura 5. 18. Tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el asentamiento

Tabla 5. 19. *Variación porcentual del tiempo de fraguado del concreto manteniendo constante el asentamiento*

Tipo de concreto	REDUCCIÓN DE AGUA (%)	TIEMPO DE FRAGUA INICIAL (h:min)	TIEMPO DE FRAGUA FINAL (h:min)
Concreto Patrón	0.00	100.00	100.00
Aditivo como plastificante			
0.4% aditivo	4.84	100.00	100
0.6% aditivo	8.86	100.42	100.3
Aditivo como superplastificante			
1.0% aditivo	15.02	100.84	102.4
1.4% aditivo	18.32	101.26	103.9

Fuente: *elaboración propia*

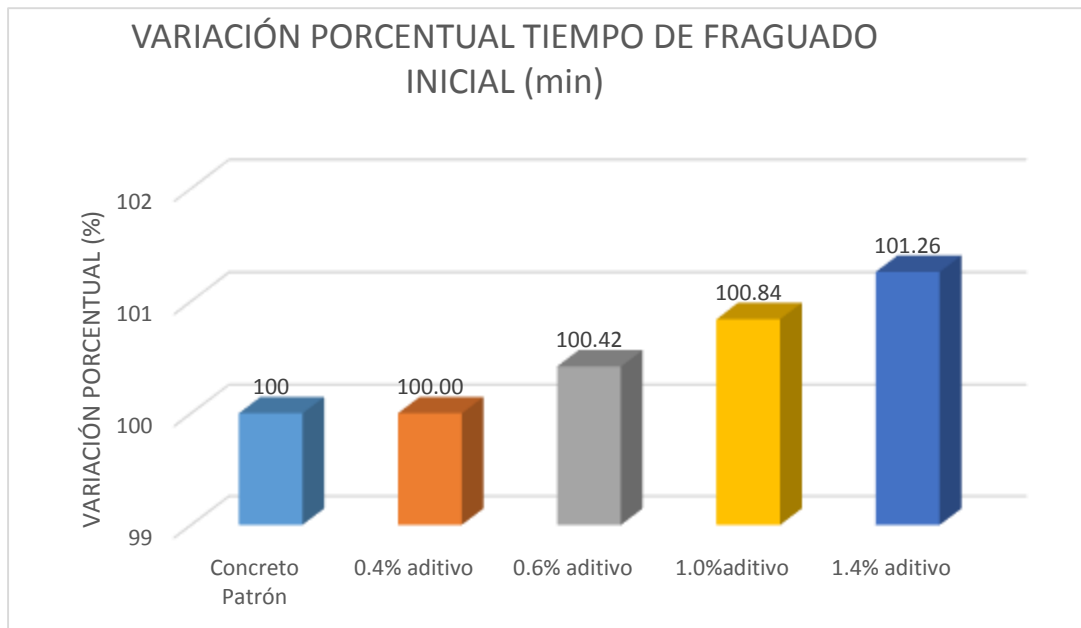


Figura 5. 19. Variación porcentual del tiempo de fraguado inicial del concreto manteniendo constante el asentamiento

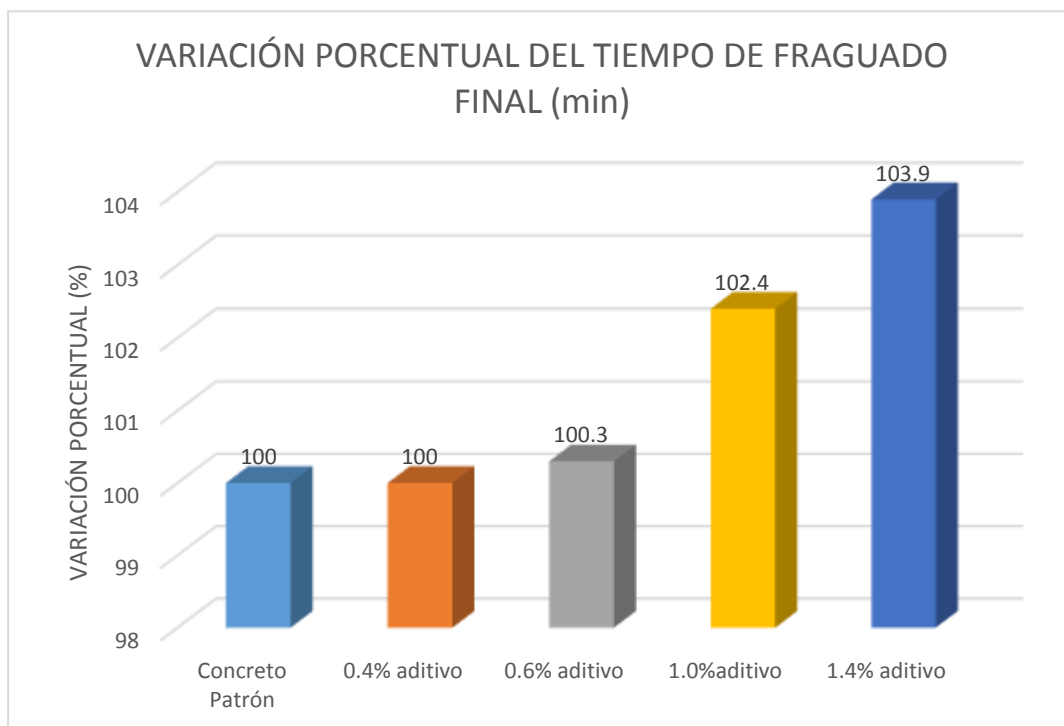


Figura 5. 20. Variación porcentual del tiempo de fraguado final del concreto manteniendo constante el asentamiento

5.2 Ensayos en estado endurecido

5.2.1 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del concreto es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, se calcula dividiendo la carga máxima entre el área transversal de una probeta.

Es frecuente determinar la resistencia a los 28 días, pero también se pueden medir a los 3, 7, 14 y 28 días, con propósitos meramente informativos

5.2.1.1 Resistencia del concreto manteniendo el contenido de agua constante

5.2.1.1.1 Resistencia del concreto a los tres días de edad

Tabla 5. 20. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los tres días

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS TRES DIAS	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Patrón	192
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	171
0.6% de aditivo	180
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	204
1.4% de aditivo	224

Fuente: elaboración propia

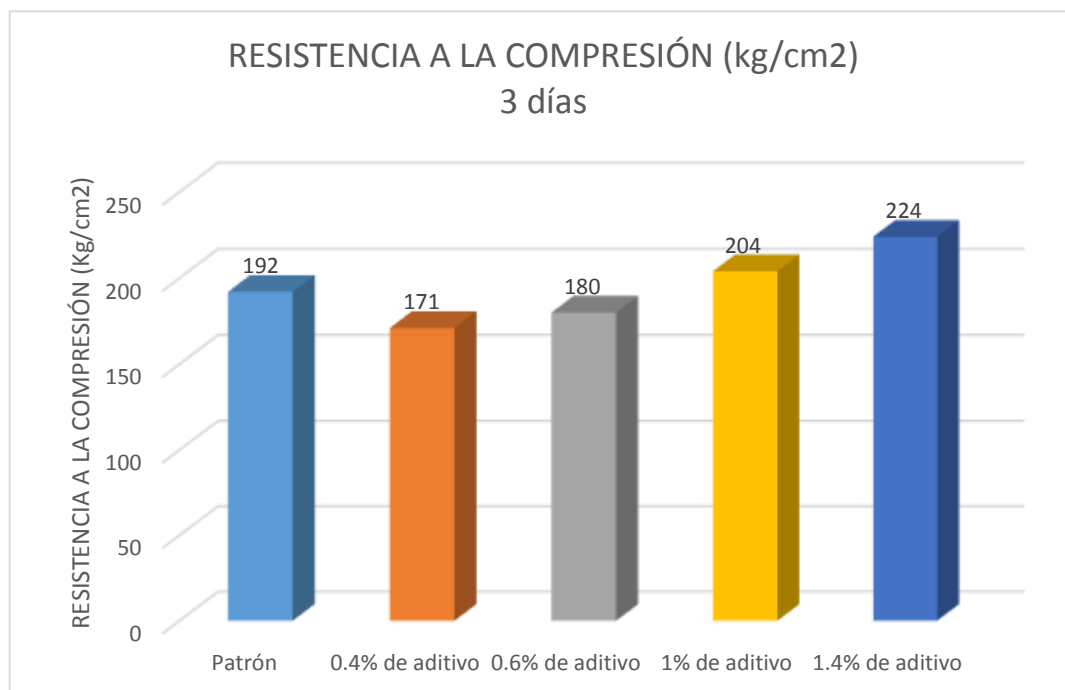


Figura 5. 21. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los tres días de edad

Tabla 5. 21. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los tres días

VARIACIÓN PORCENTUAL - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS TRES DIAS	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)
Patrón	100
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	89.06
0.6% de aditivo	93.75
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	106.25
1.4% de aditivo	116.67

Fuente: elaboración propia

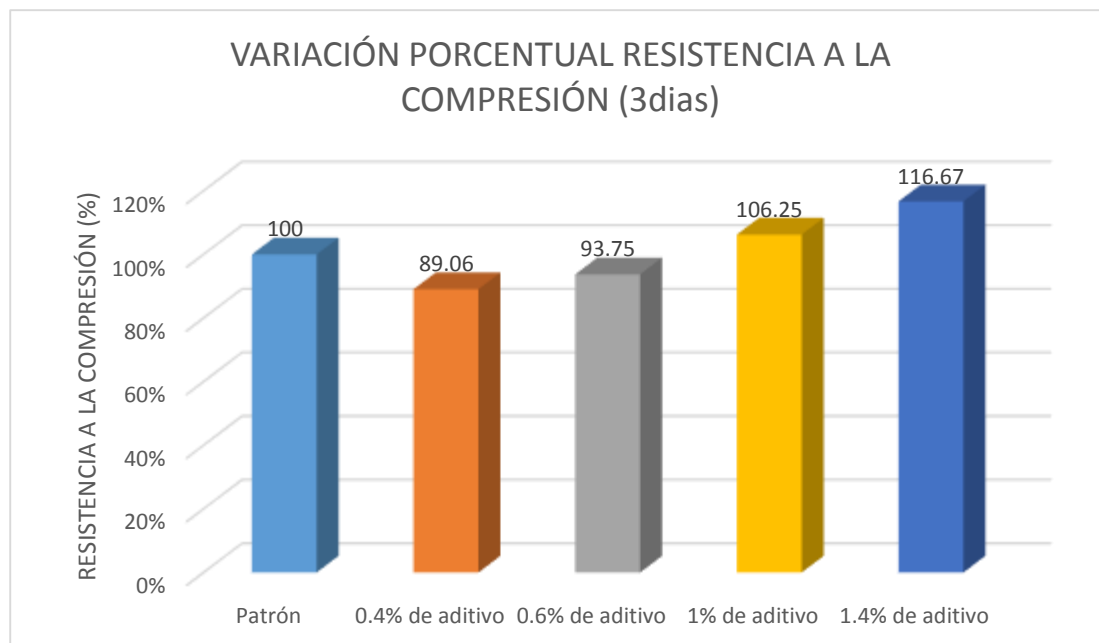


Figura 5. 22. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los tres días de edad

5.2.1.1.2 Resistencia del concreto a los siete días de edad

Tabla 5. 22. *Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los siete días de edad*

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS SIETE DIAS	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Patrón	263
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	253
0.6% de aditivo	260
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	306
1.4% de aditivo	331

Fuente: elaboración propia

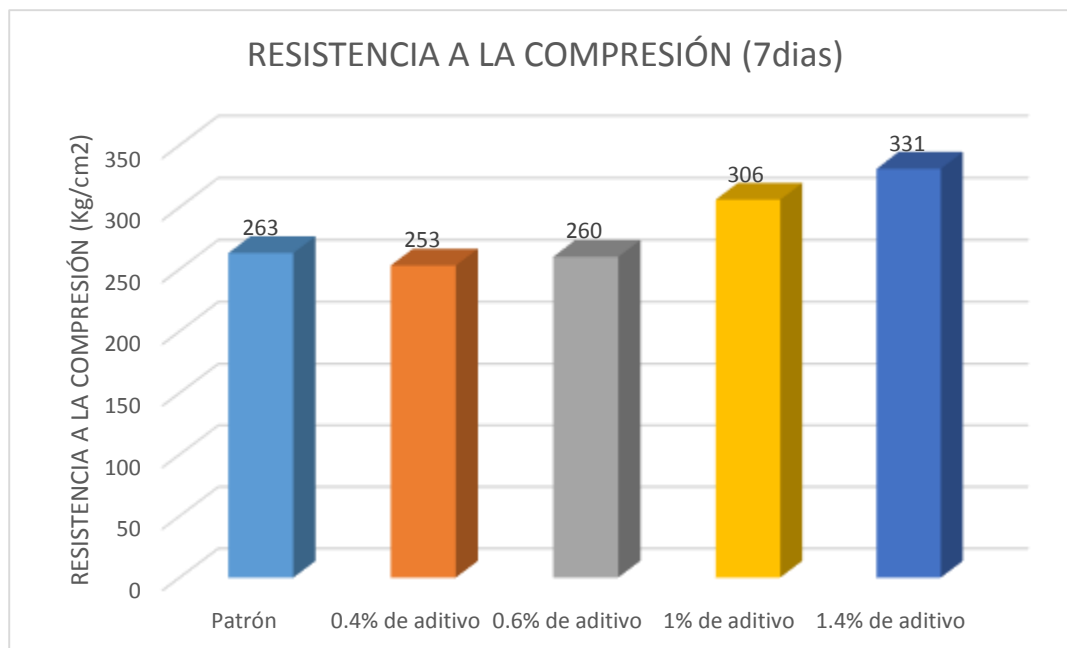


Figura 5. 23. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los siete días de edad

Tabla 5. 23. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los siete días de edad

VARIACIÓN PORCENTUAL RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS SIETE DIAS DE EDAD	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)
Patrón	100
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	96.2
0.6% de aditivo	98.86
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	116.35
1.4% de aditivo	125.86

Fuente: elaboración propia

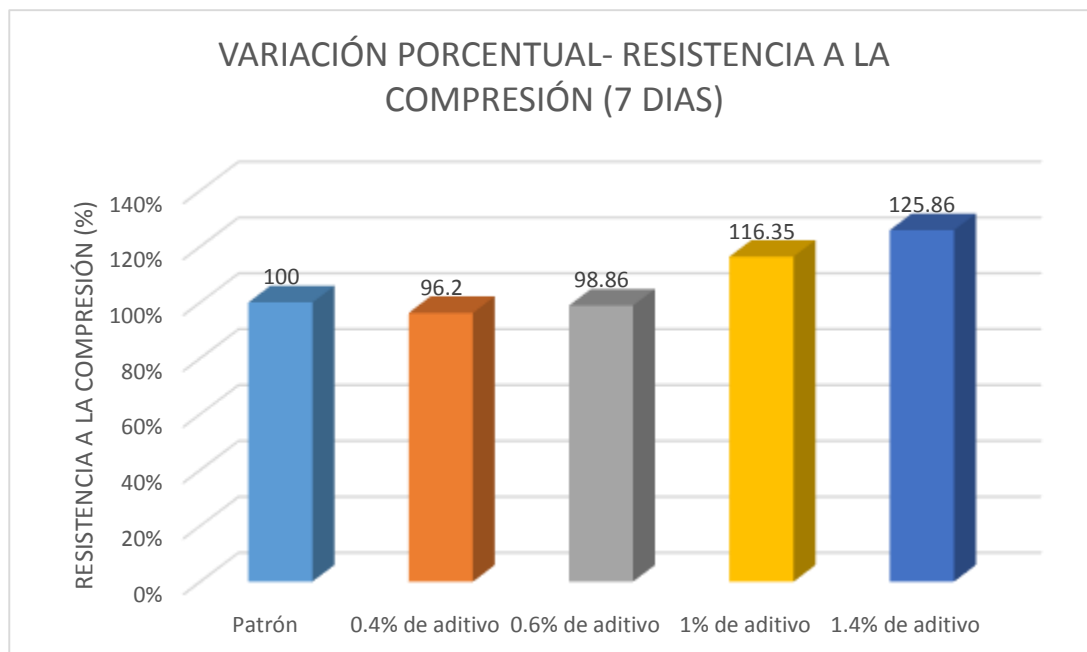


Figura 5. 24. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los siete días de edad

5.2.1.1.3 Resistencia del concreto a lo catorce días de edad

Tabla 5. 24. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los catorce días de edad

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS CATORCE DIAS DE EDAD	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Patrón	302
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	282
0.6% de aditivo	300
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	331
1.4% de aditivo	347

Fuente: elaboración propia

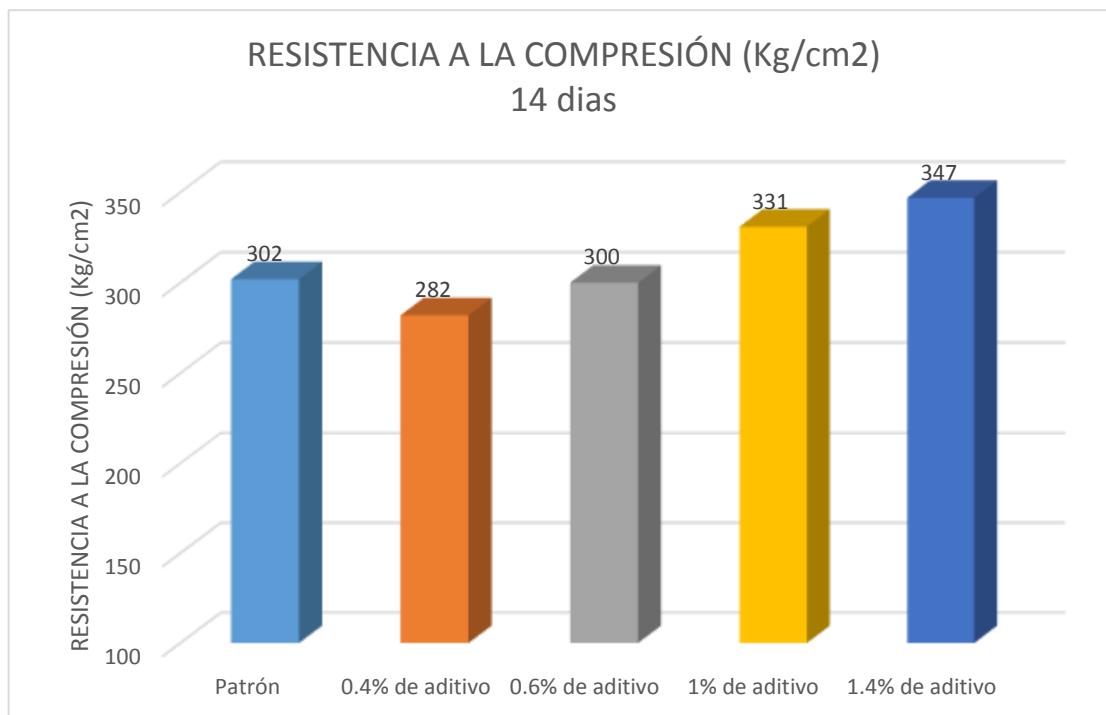


Figura 5. 25. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los catorce días de edad

Tabla 5. 25. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los catorce días de edad

VARIACIÓN PORCENTUAL RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS TRES DIAS DE EDAD	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)
Patrón	100
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	93.38
0.6% de aditivo	99.34
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	109.6
1.4% de aditivo	114.9

Fuente: elaboración propia

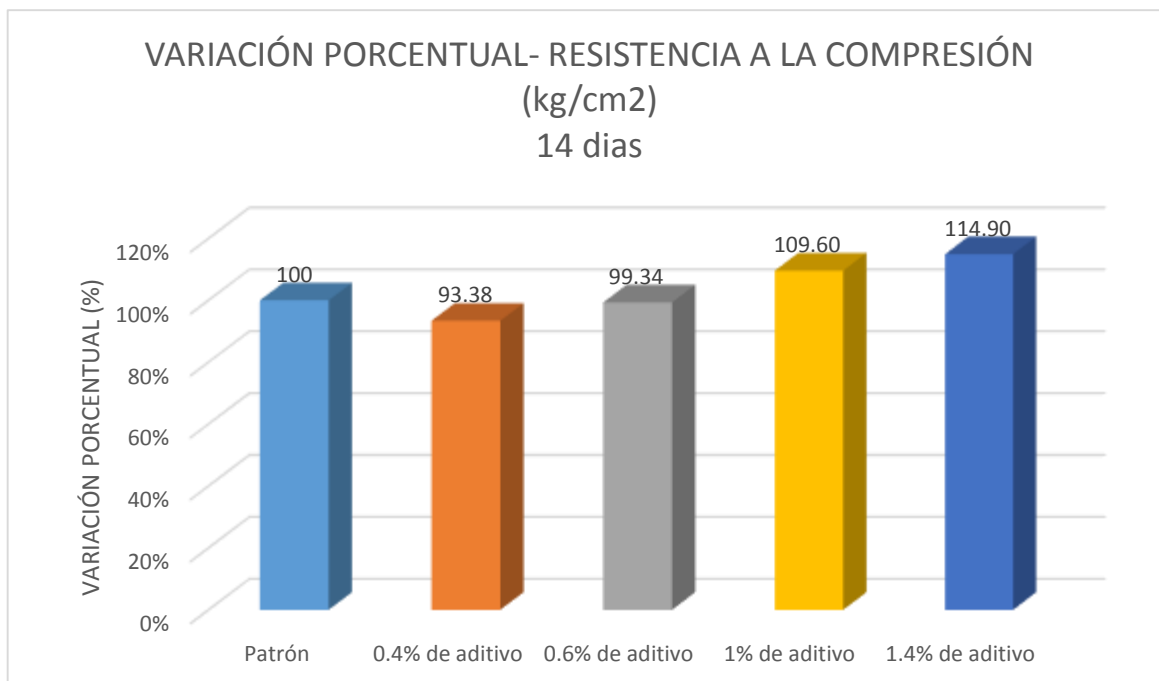


Figura 5. 26. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los catorce días de edad

5.2.1.1.4 Resistencia del concreto a veintiocho días de edad

Tabla 5. 26. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los veintiocho días de edad

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DIAS DE EDAD	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Patrón	320
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	333
0.6% de aditivo	344
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	354
1.4% de aditivo	371

Fuente: elaboración propia

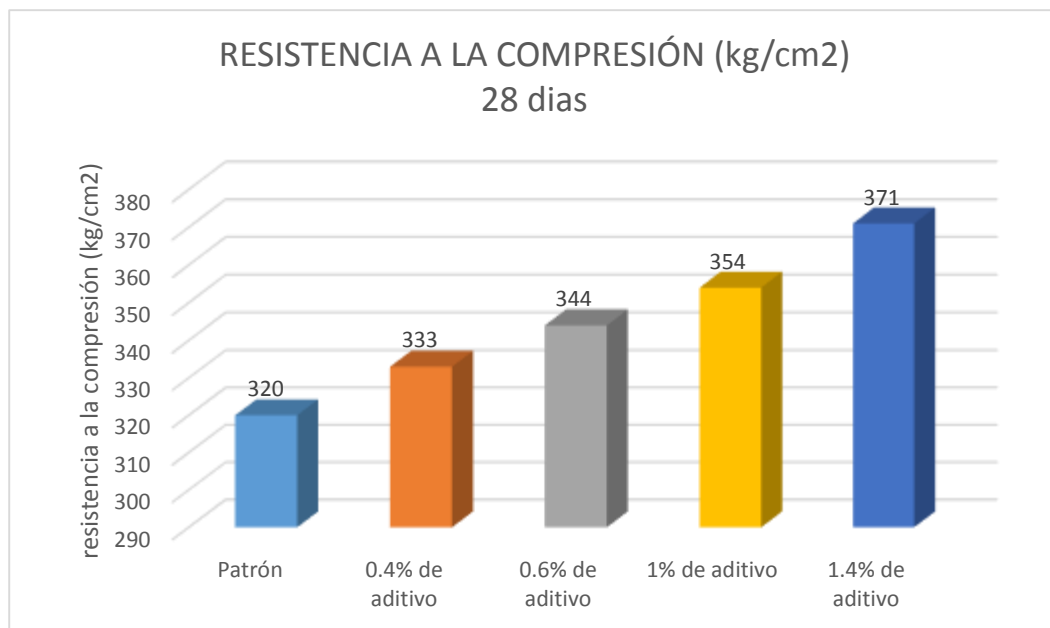


Figura 5. 27. Resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los veintiocho días de edad

Tabla 5. 27. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los veintiocho días de edad

VARIACIÓN PORCENTUAL RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DIAS DE EDAD	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)
Patrón	100
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	104.06
0.6% de aditivo	107.5
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	110.63
1.4% de aditivo	115.94

Fuente: elaboración propia

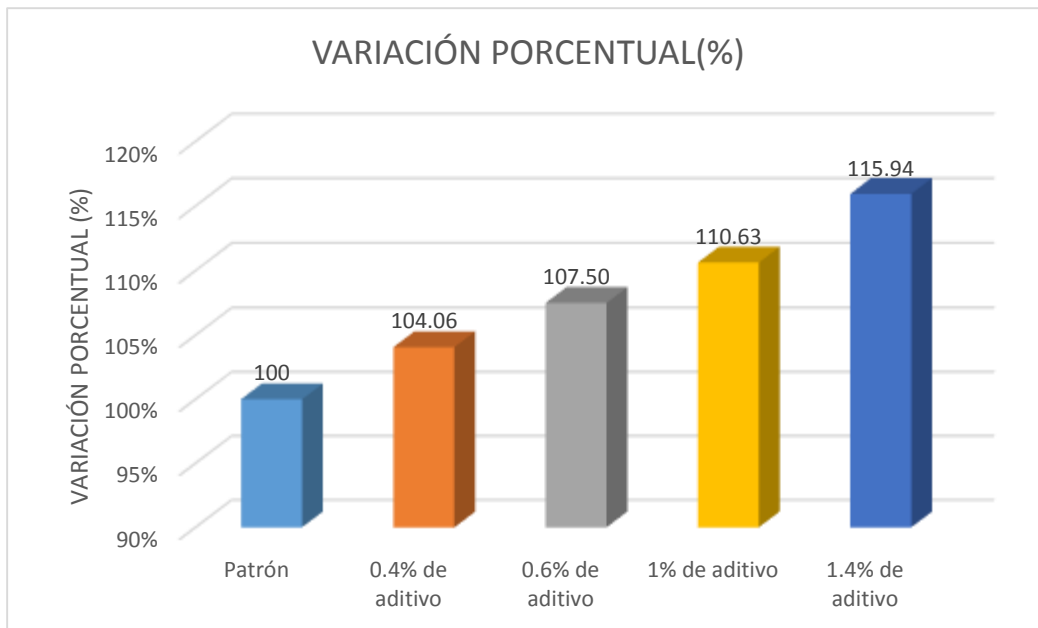


Figura 5. 28. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el contenido de agua, a los veintiocho días de edad

5.2.1.2 Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento

5.2.1.2.1 Resistencia del concreto a los tres días de edad

Tabla 5. 28. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los tres días de edad

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS TRES DIAS	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Patrón	192
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	244
0.6% de aditivo	252
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	295
1.4% de aditivo	312

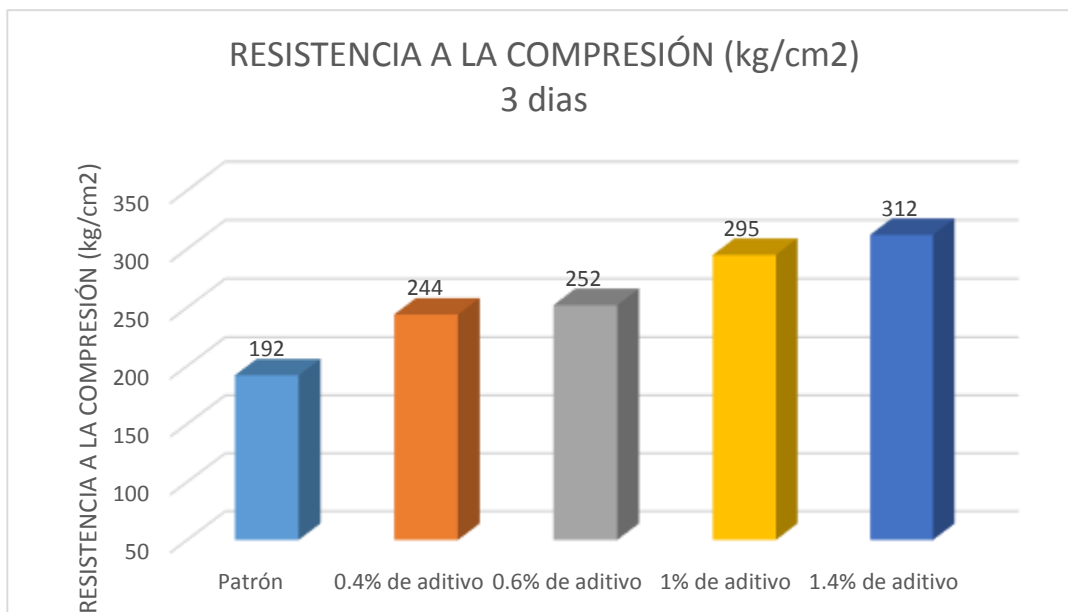


Figura 5. 29. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los tres días de edad

Tabla 5. 29. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los tres días de edad

VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS TRES DIAS DE EDAD	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)
Patrón	100
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	127.08
0.6% de aditivo	131.25
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	153.65
1.4% de aditivo	162.5

Fuente: elaboración propia

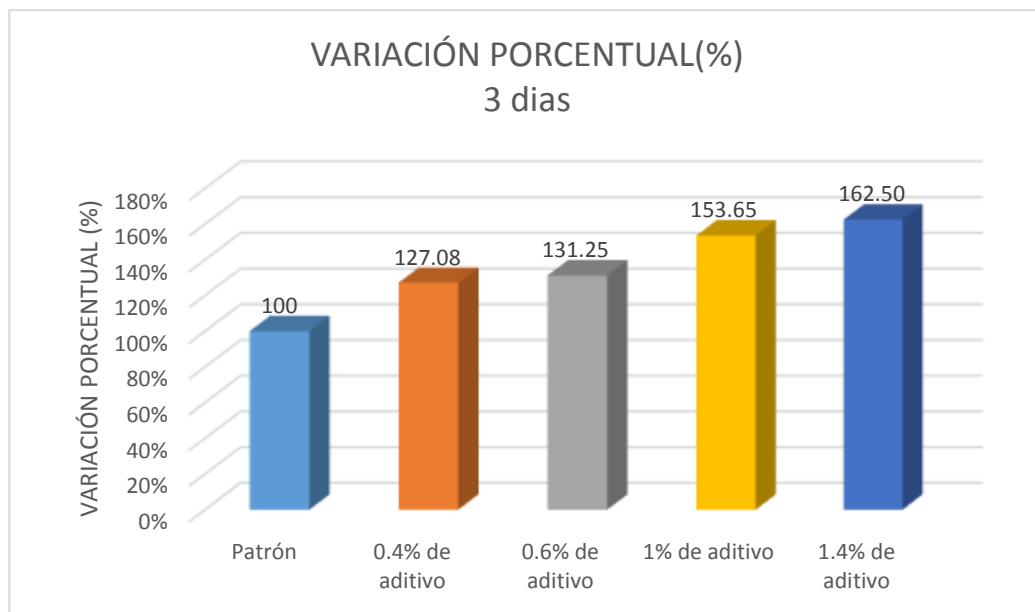


Figura 5. 30. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los tres días de edad

5.2.1.2.2 Resistencia del concreto a los siete días de edad

Tabla 5. 30. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los siete días de edad

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS SIETE DIAS DE EDAD	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Patrón	263
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	331
0.6% de aditivo	353
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	368
1.4% de aditivo	388

Fuente: elaboración propia

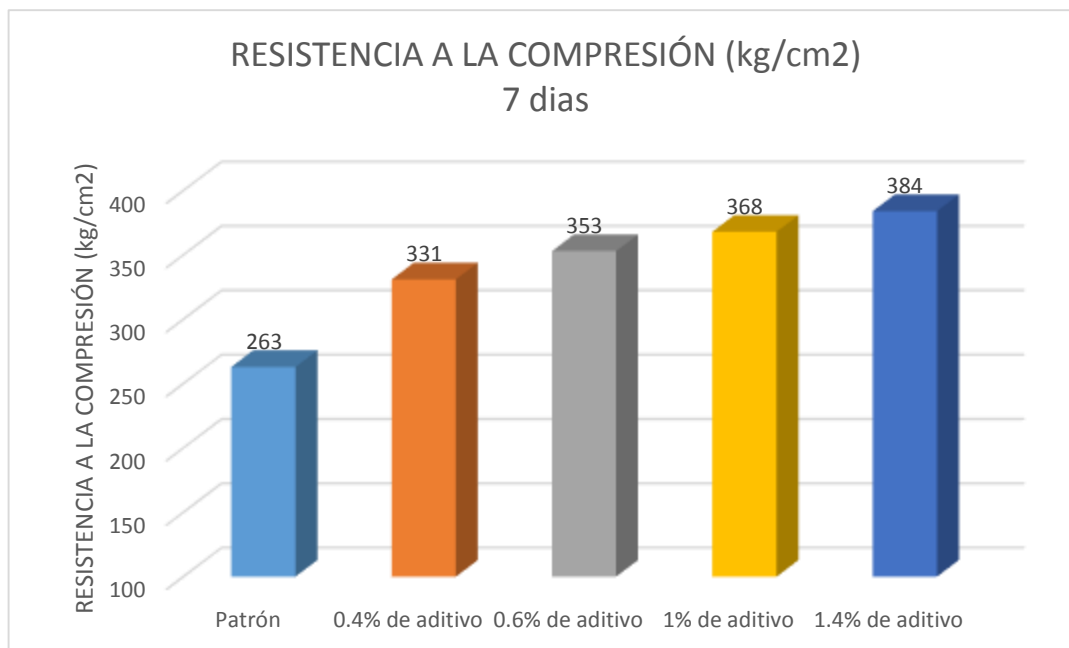


Figura 5. 31. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los siete días de edad

Tabla 5. 31. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los siete días de edad

VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS SIETE DIAS	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)
Patrón	100
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	125.86
0.6% de aditivo	134.22
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	139.92
1.4% de aditivo	146.01

Fuente: elaboración propia

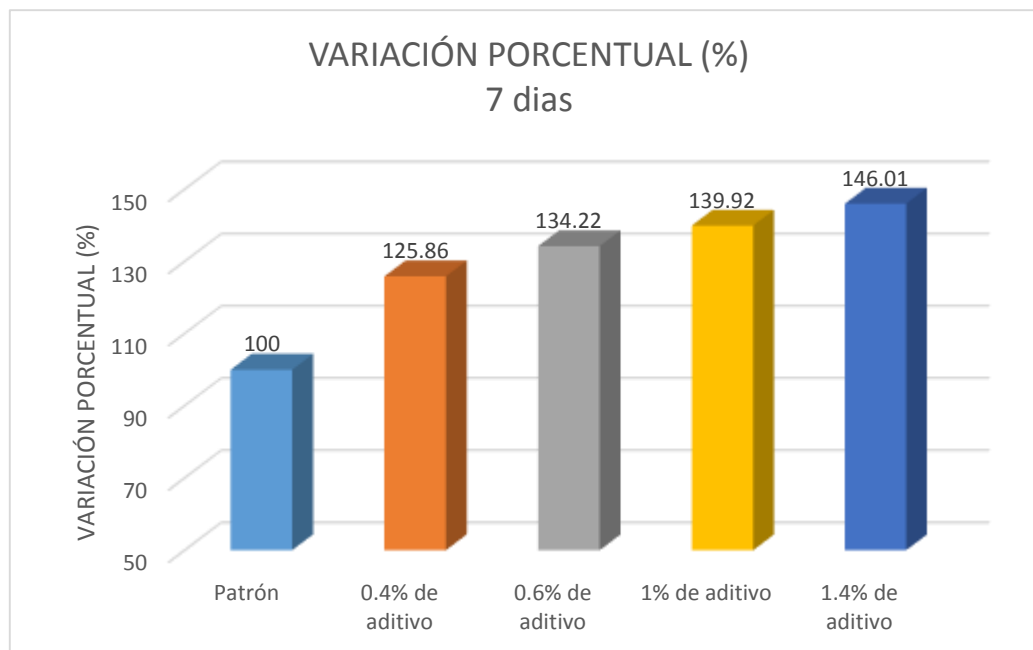


Figura 5. 32. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los siete días de edad

5.2.1.2.3 Resistencia del concreto a los catorce días de edad

Tabla 5. 32. *Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los catorce días de edad*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS CATORCE DIAS	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Patrón	302
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	355
0.6% de aditivo	359
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	379
1.4% de aditivo	436

Fuente: elaboración propia

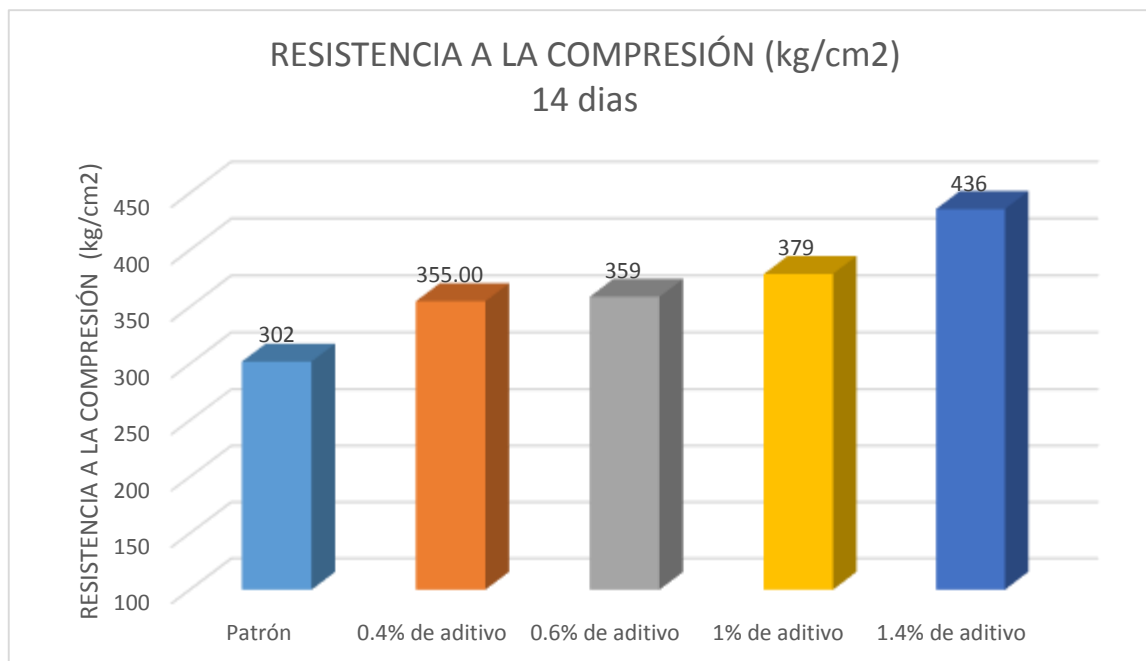


Figura 5. 33. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los catorce días de edad

Tabla 5. 33. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los catorce días de edad

VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS CATORCE DÍAS	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)
Patrón	100
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	117.55
0.6% de aditivo	118.87
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	125.5
1.4% de aditivo	144.37

Fuente: elaboración propia

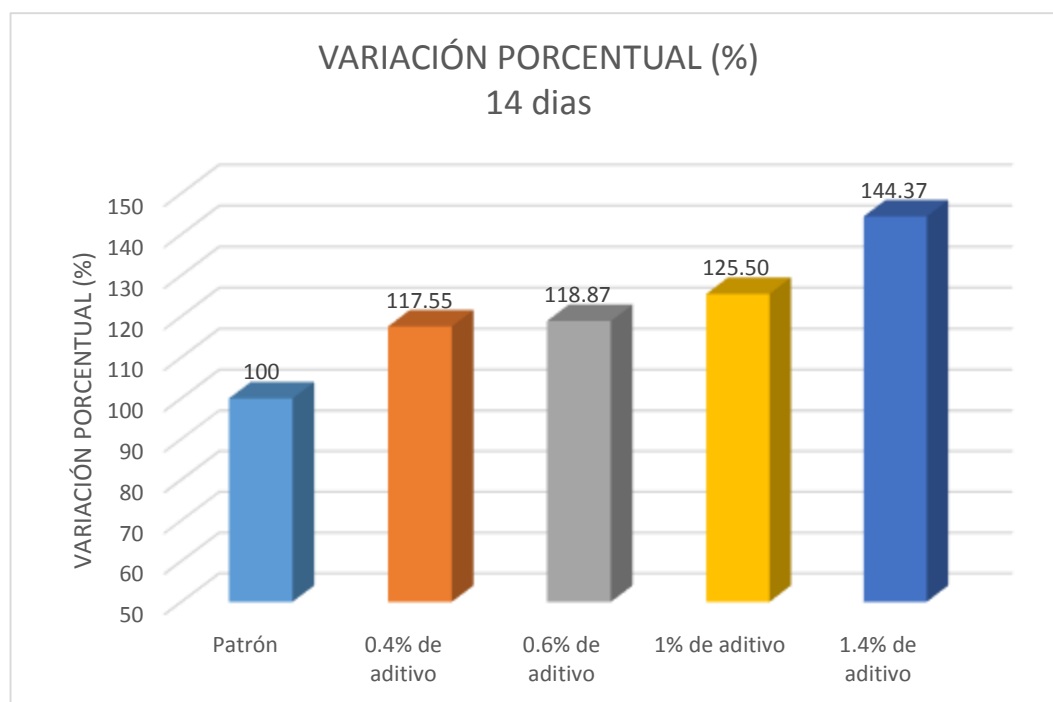


Figura 5. 34. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los catorce días de edad

5.2.1.2.4 Resistencia del concreto a los veintiocho días de edad

Tabla 5. 34. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los veintiocho días de edad

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DIAS	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA (kg/cm ²)
Patrón	320
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	368
0.6% de aditivo	397
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	429
1.4% de aditivo	462

Fuente: elaboración propia

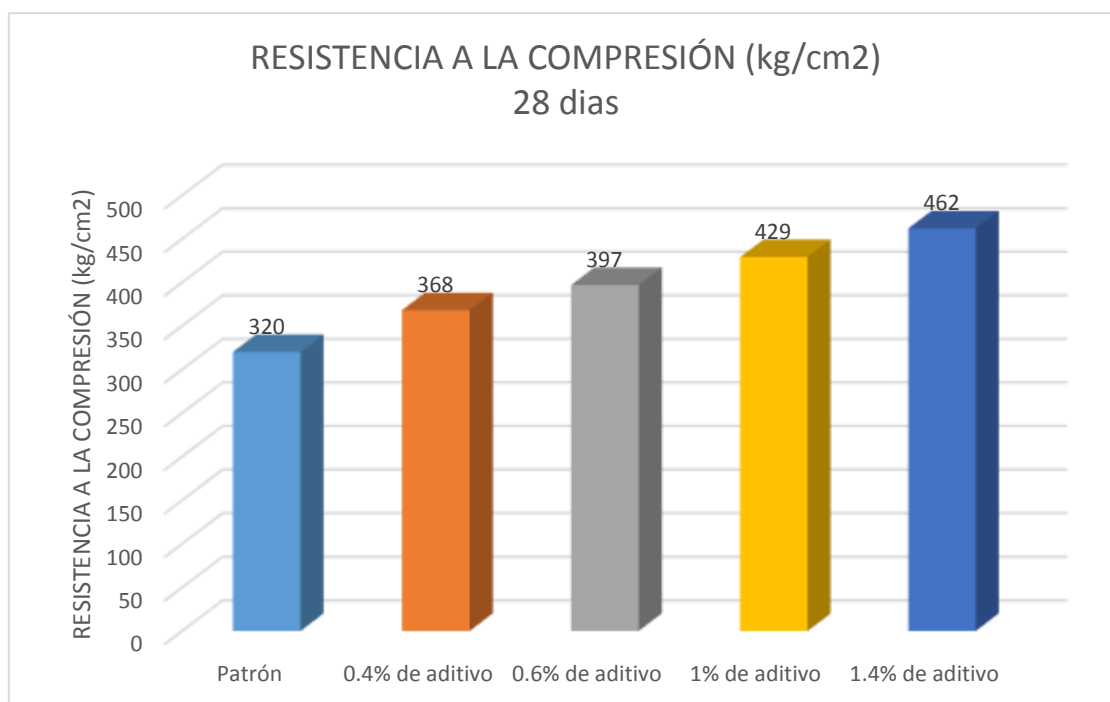


Figura 5. 35. Resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los veintiocho días de edad

Tabla 5. 35. *Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los veintiocho días de edad*

VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS VEINTIOCHO DÍAS DE EDAD	
TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)
Patrón	100
RANGO PLASTIFICANTE	
0.4% de aditivo	115
0.6% de aditivo	124.06
RANGO SUPERPLASTIFICANTE	
1.0% de aditivo	134.06
1.4% de aditivo	144.38

Fuente: elaboración propia

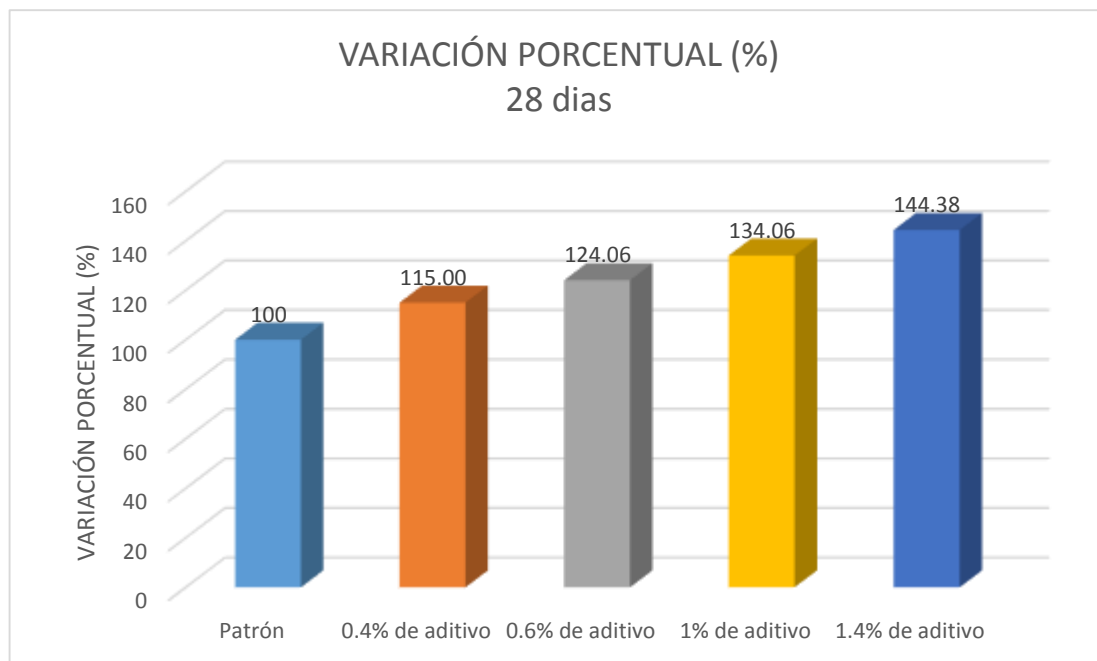


Figura 5. 36. Variación porcentual de la resistencia del concreto manteniendo constante el asentamiento, a los veintiocho días de edad

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Luego de obtener los ensayos necesarios, de los agregados, para el diseño de la mezcla de concreto con cemento portland tipo I y aditivo sikament 290N, se procede a diseñar una mezcla patrón que cumpla ciertos requisitos.

Tal es el caso del ensayo de asentamiento, que se realizó tres veces para el concreto patrón, llámese concreto patrón al concreto sin aditivo, teniendo así un promedio para mayor exactitud. Teniendo el slump requerido, se procede a realizar en el concreto fresco los ensayos de peso unitario, contenido de aire, exudación, tiempo de fraguado, y para concreto endurecidos el ensayo de resistencia a la compresión, lo cual se realizaron tres probetas para cada rotura a los 3 días, 7 días, 14 días y 28 días.

Además, con el diseño de mezcla ya definido se procede a añadir el aditivo sikament 290N al concreto, primero en una dosificación de 0.4% y 0.6% con relación al peso del cemento, esta relación es cuando el aditivo se comporta como plastificante. Luego, se añade en relación de 1.0% y 1.4% es cuando este aditivo se comporta como superplastificante. En cada uno de los porcentajes se hace dos diseños, uno manteniendo constante la cantidad de agua del concreto patrón, y el otro manteniendo constante el asentamiento.

Se logra una mejora significativa de asentamiento del concreto con aditivo con respecto al concreto patrón, el peso unitario del concreto con aditivo tiende a disminuir conforme se incrementa el porcentaje de aditivo, mientras que el contenido de aire disminuye manteniendo constante el agua, se incrementa cuando se mantiene constante el asentamiento, el porcentaje de exudación aumenta conforme se va aumentando el aditivo, manteniendo constante el contenido de agua, mientras que manteniendo constante el asentamiento ocurre lo contrario, en la resistencia se obtiene valores mucho más elevados en ambos casos.

Finalmente, con los datos obtenidos del concreto con aditivo se hace una comparación de resultados, concluyendo que la utilización del aditivo trae múltiples beneficios.

VII. CONCLUSIONES

- ✓ En la resistencia a la compresión, el aditivo aumenta notablemente esta propiedad, manteniendo constante la cantidad de agua, se logra un incremento de 15.94% a los 28 días, con el aditivo en su máxima dosificación. Sin embargo, a edad temprana (3 días) la resistencia es menor en 11.0% con aditivo al 0.4%. Manteniendo constante el asentamiento, tenemos un incremento de la resistencia de 44.38% a los 28 días y el aditivo a su máxima dosificación.
- ✓ En ambos casos se aprecia que el aditivo incrementa considerablemente la resistencia, siendo mayores que el del concreto patrón, pero comparadas entre ellas, los valores mayores son aquellos que fueron reducidas el agua, pudiendo concluir que con el aditivo siempre tendremos mejoras en la resistencia a la compresión, siendo ésta una de las propiedades más importantes con la que se mide la calidad del concreto, y el aditivo permite una mejora notable en ella.
- ✓ En diseño de mezcla, el incremento del aditivo influye muy ligeramente, en el momento que se hace lo reajustes de aporte de agua, se disminuye la misma cantidad de agua para no variar la relación liquido/cemento.
- ✓ El slump aumenta conforme se va añadiendo el porcentaje de aditivo, manteniendo constante el contenido de agua, llegando a aumentar hasta 7.5" con 1.6% de aditivo, que representa un incremento de 114.29% más; por otro lado, manteniendo constante el asentamiento, de 3" a 4", el aditivo nos permite una reducción de agua de 18.32% en su máxima dosificación, esto nos permitirá mejorar la resistencia del concreto.
- ✓ El peso unitario disminuye progresivamente conforme se incrementa el porcentaje de aditivo, manteniendo constante el contenido de agua, llegando a disminuir hasta 1.47% con respecto al concreto patrón con el aditivo a su máxima dosificación. Manteniendo el asentamiento constante, se tiene para 0.4% de aditivo una disminución de 1.21%.

Luego, conforme se va incrementando el aditivo el peso unitario se va incrementando hasta llegar a 0.62% por debajo del peso unitario del concreto patrón.

- ✓ El contenido de aire, cuando se mantiene constante el contenido de agua, disminuye conforme se aumenta el porcentaje de aditivo llegando a disminuir 56.67% con respecto al concreto patrón. Sin embargo, cuando se mantiene constante el asentamiento el contenido de aire para 0.4 % y 0.6% de aditivo, disminuye 56.11% y 22.22% respectivamente, lo contrario ocurre para 1.0% y 1.4% aumentando 25% y 78.89% respectivamente.

- ✓ La exudación, manteniendo constante el contenido de agua, mientras se aumenta la dosificación del aditivo, la exudación aumenta en 157.69% con respecto al concreto patrón y con el aditivo en su máxima dosificación. Mientras que, manteniendo constante el asentamiento la exudación disminuye en 51.54% con aditivo al 1.4%.

- ✓ El tiempo de fraguado, manteniendo constante el contenido de agua, el aditivo aumenta el tiempo de fraguado inicial en un 23.11% en su máxima dosificación y la misma tendencia sigue el tiempo de fraguado final llegando a aumentar un 25.08% con 1.4% de aditivo, todo esto comparado con el concreto patrón. Cuando se mantiene constante el asentamiento, el resultado es similar, el tiempo de fraguado aumenta ligeramente conforme se aumenta el porcentaje de aditivo, el tiempo de fraguado inicial aumenta en 1.26% y el tiempo de fraguado final en 3.9%. Concluyendo que, si queremos slump muy elevados, podríamos tener concretos con fraguados más retardados.

- ✓ Con el uso del aditivo y manteniendo constante la cantidad de agua, se incrementa la resistencia y el slump, es decir que se puede obtener concretos muy fluidos y a la vez con resistencias que aumentan conforme se incrementa el porcentaje de aditivo. Siendo importante para estructuras donde la cuantía de concreto es elevada y al mismo tiempo que la estructura requiera resistencia mecánica elevada.

- ✓ Para el fabricante de Sikament 290N, permite una reducción de hasta 25% del agua de mezcla, para la presente tesis redujo el 18.32% del agua, en su máxima dosificación.

VIII. RECOMENDACIONES

- ✓ La elección de un determinado aditivo es un proceso muy importante en el que se debe considerar muchos más aspectos que la comparación de precios unitarios. Se debe tener en cuenta aspectos como incremento de trabajabilidad, capacidad de reducir agua, tiempo de fraguado, resistencia, incorporación de aire, etcétera.
- ✓ Debido a que el aditivo origina un tiempo de fraguado retardado, se propone prever este efecto, con la finalidad de realizar una adecuada planificación en obra.
- ✓ Para concretos con reducción de agua se debe tener en cuenta que el contenido de aire con 1.4% de aditivo es 3.22%, puesto que contenidos de aire mayores a 3% tienden a disminuir la resistencia a la compresión.
- ✓ Para posteriores estudios que pretendan recrear los resultados obtenidos, debido a la influencia del aditivo sikament 290N en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, se recomienda que se realice otros ensayos como fluidez, resistencia a la compresión diametral, temperatura, además diseñar para concretos mayores a 210 kg/cm² y con otros tipos de cemento.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- **ALARCON, Edgar.** . *Estudio comparativo de los aditivos superplastificantes utilizados en nuestro medio e influencia en las propiedades del concreto con cemento tipo I, V, IP.* Tesis. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2005.
- **ALONSO López, María.** Comportamiento y compatibilidad de cementos y aditivos superplastificantes basados en policarboxilatos. Efectos de la naturaleza de los cementos y estructura de los aditivos. Tesis doctoral. España: Universidad Autónoma de Madrid, 2011. (fecha de consulta: 12 de junio del 2017)
Disponible en:
https://repositorio.uam.es/xmlui/bitstream/handle/10486/6698/39592_alonso_maria_del_mar.pdf?sequence=1
- **ARI Queque, Ismael.** *Estudio de las propiedades del concreto fresco y endurecido, de mediana a alta resistencia, con aditivo superplastificante y retardador de fraguado, con cemento portland tipo I.* Tesis. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2002.
- **HERNÁNDEZ PREISLER, César Augusto.** Plastificantes para el hormigón. Tesis. Chile: Universidad Austral de Chile. (fecha de consulta: 23 de junio de 2017)
Disponible en:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcih557p/doc/bmfcih557p.pdf>
- **HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto; Fernández collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar.** 2010. *Metodología de la Investigación.* México: MC Braw Hill, 2010.

- **HUARCAYA Garzón, Coldie.** *Comportamiento del asentamiento en el concreto usando aditivo polifuncional sikament 290N y aditivo súper plastificante de alto desempeño sika viscoflow 20E.* Tesis. Lima: Universidad Ricardo Palma, 2014.
- **INDECOPI. N T P 334.088.** Aditivos químicos en pasta, morteros y hormigón (concreto). Especificaciones. Lima: 2006.
- **INDECOPI. N T P 339.034.** Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima: 2008.
- **INDECOPI. N T P 339.035.** Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. Lima: 2009.
- **INDECOPI. N T P 339.036.** Practica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco. Lima: 2011.
- **INDECOPI. N T P 339.077.** Métodos de ensayo normalizado para la exudación del hormigón (concreto). Lima, 2003
- **INDECOPI. N T P 339.082.** Métodos de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. Lima: 2011
- **INDECOPI. NTP 339.088.** Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. Lima, 2006
- **INDECOPI. NTP 339.183.** Mezclado, muestreo y elaboración de especímenes en laboratorio. Lima, 2009
- **INDECOPI. NTP 339.183.** Práctica normalizada para el curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio. Lima, 2009

- **INDECOPI.** NTP 400.011. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos. Lima, 2008
- **INDECOPI.** NTP 400.012. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, 2001
- **INDECOPI.** NTP 400.02. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Lima, 2002
- **INDECOPI.** NTP 400.022. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. Lima, 2002
- **INDECOPI.** NTP 400.043. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo. Lima, 2006
- **MAYTA Rojas, Jhonathan Wilson.** *Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo.* Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014.
- **Pasquel. Enrique.** Tópicos de tecnología del concreto 2ª ed. Lima, Peru.
- **RIVVA, Enrique.** *Diseño de mezclas.* Lima: Capítulo Peruano ICG, 2010.
- **RIVVA, Enrique.** *Naturaleza y materiales del concreto.* 2ª ed. Lima: Capítulo Peruano ACI, 2010.
- **Sika. 2015.** Sika Perú. [En línea] 2015. [Citado el: 02 de Octubre de 2016.] http://per.sika.com/es/soluciones-y-productos/publicaciones/Brochures/brochures_concreto_cemento.html.

X. ANEXOS

I. Diseño de mezcla patrón

Datos de diseño

Tabla 1. Datos usados para diseño de la mezcla

	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	UNIDAD
PESO UNITARIO SUELTO	1540.38	1410.48	KG/M3
PESO UNITARIO COMPACTADO	1658.08	1569.68	KG/M3
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.62	2.79	GR/CM3
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	1.17	1.03	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.15	0.52	%
MÓDULO DE FINURA	3.21	7.73	
TMN		1	PULGADAS

Fuente: elaboración propia

1.1 Selección de a/c

Tabla 2. Cuadro de relación agua/cemento

f'c a 28 días (kg/cm2)	Relación agua/cemento en peso	
	sin aire incorporado	con aire incorporado
450	0.38	--
400	0.42	--
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.6
150	0.79	0.7

Fuente: Enrique Rivva López

Para la presente investigación, con el fin de obtener resistencia cercana a 210 kg/cm2, y según la tabla anterior, iteramos, y tenemos a/c= 0.65, para un concreto sin aire incorporado.

1.2 Estimación de agua de diseño y aire atrapado

Tabla 3. Estimación de agua de diseño y aire atrapado

Slump	Tamaño máximo de agregado grueso							
	3/8 "	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
% de aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: Enrique Rivva López

Según el cuadro anterior, para un agregado de tamaño nominal máximo de 1", el porcentaje de aire atrapado es de 1.5%, mientras que el agua de diseño es de 193 lt/m³

1.3 Cálculo de la cantidad de cemento teniendo en cuenta la relación agua/cemento y la cantidad estimada de agua de diseño

$$\frac{a}{c} = 0.65 \quad a = 193 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{cemento} = 297 \text{ kg}$$

1.4 Contenido de agregado grueso

Tabla 4. Contenido de agregado grueso con relación al módulo de fineza del agregado fino

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: American Concrete Institute

Para un módulo de fineza del agregado fino de 3.21 se tiene que el volumen del agregado grueso es de 0.629 por unidad de volumen del concreto.

$$\text{Peso agr. Grueso} = \frac{b}{b_0} * p_{uc} = 0.629 * 1569.68 = 987.33 \text{ kg}$$

1.5 Se lleva los valores obtenidos a volúmenes absolutos

$$\text{Vol. abs. cemento} = \frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\text{Peso esp. del cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{297}{3150} = 0.0942$$

$$\text{Vol. abs. agua} = \frac{\text{Peso del agua (kg)}}{\text{Peso esp. del agua } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{193}{1000} = 0.193$$

$$\text{Vol. abs. Agr. grueso} = \frac{\text{Peso del agreg. grueso (kg)}}{\text{Peso esp. ag. grueso } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{987.33}{2790} = 0.354$$

$$vol\ aire = 1.5\% = 0.015$$

La sumatoria total es: $\Sigma_{total} = 0.656$

1.6 Contenido de agregado fino por metro cúbico de concreto

$$Vol\ ag.\ fino = 1 - 0.656 = 0.344$$

$$Peso\ ag.\ fino = vol.\ ag.\ fino * peso\ esp. = 0.344 * 2.62 * 1000 = 901.28$$

1.7 Valores de diseño (pesos secos)

Tabla 5. Pesos secos

Pesos secos	
Cemento	297 kg
Agua	193 lt
Agregado grueso	987.33 kg
Agregado fino	901.28 kg

Fuente: elaboración propia

1.8 Corrección por humedad

$$Ag.\ Fino = Peso\ seco * \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right) = 901.28 * \left(\frac{2.15}{100} + 1 \right) = 920.66\ kg$$

$$Ag.\ grueso = Peso\ seco * \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right) = 987.33 * \left(\frac{0.52}{100} + 1 \right) = 992.46\ kg$$

1.9 Aporte de agua a la mezcla

$$Aporte\ de\ agua = Agregado\ seco * \left(\frac{w\% - \%Abs}{100} \right)$$

$$Aporte\ de\ agua\ ag.\ fino = 901.28 * \left(\frac{2.15 - 1.17}{100} \right) = 8.83\ lt$$

$$\text{Aporte de agua ag. grueso} = 987.33 * \left(\frac{0.52 - 1.03}{100} \right) = -5.04 \text{ lt}$$

$$\text{Aporte total a la mezcla} = 3.79 \text{ lt}$$

1.10 Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{agua de diseño} - \text{aporte de los agregados}$$

$$\text{Agua efectiva} = 193 - 3.79 = 189.21$$

1.11 Pesos húmedos por metro cúbico

Tabla 6. Pesos húmedos

Pesos húmedos	
Cemento	297.00 kg
Agua	189.21 lt
Agregado grueso	992.46 kg
Agregado fino	920.66 kg

Fuente: elaboración propia

Con este diseño inicial nos da un slump igual a 0", por lo cual es una mezcla que no posee trabajabilidad, por eso se procede a hacer un reajuste en el diseño, con la finalidad de tener un asentamiento trabajable comprendido ente 3"-4", se hace un reajuste en las cantidades de los materiales, para lograr tener una mezcla trabajable y un slump adecuado.

Este reajuste consiste en aumentar la cantidad de agua, pero sin que se modifique la relación agua/ cemento, este aumento, según Rivva López (1992) "por cada pulgada de incremento o disminución de slump, se debe de aumentar o disminuir 5 litros de agua por metro cubico de concreto" (p.180). Luego de esto, se procede a calcular el volumen absoluto como en los pasos anteriores, finalmente el diseño queda así:

Tabla 7: Diseño de mezcla final del concreto patrón con cemento Portland tipo I

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO x m3				TANDA FINAL 0.025 m3	
MATERIAL	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO (Kg/m3)			
		Seco	Húmedo		
Cemento (kg)	0.101	318.00	318.00	Cemento (kg)	7.95
Agua (lt)	0.207	206.7	203.44	Agua (lt)	5.07
Piedra (kg)	0.354	987.33	992.46	Piedra (kg)	24.81
Arena (kg)	0.323	846.18	864.37	Arena (kg)	21.61
Aire incorporado	0.015	Slump		3 ½"	
Total	1	Diseño final			

Fuente: elaboración propia

II. Diseño del concreto con aditivo Sikament 290N

Para el caso del diseño del concreto con aditivo, se procede a tomar como base el diseño del concreto patrón, al incrementar el aditivo, la relación liquido/cemento se mantiene, puesto que la misma cantidad de aditivo incrementado, se procede a disminuir el agua.

Tabla 8. Dosificación del concreto por m3

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO x m3		
MATERIAL	PESO (Kg/m3)	
	Seco	Húmedo
Cemento (kg)	318	318
Agua (lt)	206.7	203.44
Piedra (kg)	987.33	992.46
Arena (kg)	846.18	864.37

Fuente: elaboración propia

2.1 Diseño con aditivo sikament 290N al 0.4%

Se calcula los volúmenes incluido el aditivo:

$$Vol. abs. cemento = \frac{Peso\ del\ cemento\ (kg)}{Peso\ esp.\ del\ cemento\ \left(\frac{kg}{m^3}\right)} = \frac{318}{3150} = 0.101$$

$$Vol. abs. agua = \frac{Peso\ del\ agua\ (kg)}{Peso\ esp.\ del\ agua\ \left(\frac{kg}{m^3}\right)} = \frac{206.70}{1000} = 0.207$$

$$Vol. abs. Agr. grueso = \frac{Peso\ del\ agreg.\ grueso\ (kg)}{Peso\ esp.\ ag.\ grueso\ \left(\frac{kg}{m^3}\right)} = \frac{987.33}{2790} = 0.354$$

$$vol\ aire = 1.5\% = 0.015$$

- Se calcula primero la cantidad que interviene en la mezcla, luego se calcula el volumen

$$0.4\% * peso\ del\ cemento = \frac{0.4}{100} * 318 = 1.27\ lt/m^3$$

$$Vol. aditivo = \frac{1.27}{1180} = 0.0011$$

La sumatoria total es: $\sum_{total} = 0.678$

2.2 Contenido de agregado fino por metro cúbico de concreto

$$Vol\ ag.\ fino = 1 - 0.678 = 0.322$$

$$Peso\ ag.\ fino = vol.\ ag.\ fino * peso\ esp. = 0.322 * 2.62 * 1000 = 843.64$$

2.3 Valores de diseño (pesos secos)

Tabla 5. Pesos secos

Pesos secos	
Cemento	318.00 kg
Agua	206.70 lt
Agregado grueso	987.33 kg
Agregado fino	843.64 kg

Fuente: elaboración propia

2.4 Corrección por humedad

$$Ag. Fino = Peso seco * \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right) = 843.64 * \left(\frac{2.15}{100} + 1 \right) = 861.78 \text{ kg}$$

$$Ag. grueso = Peso seco * \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right) = 987.33 * \left(\frac{0.52}{100} + 1 \right) = 992.46 \text{ kg}$$

2.5 Aporte de agua a la mezcla

$$Aporte de agua = Agregado seco * \left(\frac{w\% - \%Abs}{100} \right)$$

$$Aporte de agua ag. fino = 861.78 * \left(\frac{2.15 - 1.17}{100} \right) = 8.45 \text{ lt}$$

$$Aporte de agua ag. grueso = 987.33 * \left(\frac{0.52 - 1.03}{100} \right) = -5.04 \text{ lt}$$

$$Aporte total a la mezcla = 3.41 \text{ lt}$$

2.6 Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{agua de diseño} - (\text{aporte de los agregados} + \text{aditivo})$$

$$\text{Agua efectiva} = 206.7 - (3.41 + 1.27) = 202.02$$

2.7 Pesos húmedos por metro cúbico

Tabla 6. Pesos húmedos

Pesos húmedos		proporción
Cemento	318.00 kg	1
Agua	202.02 lt	0.64
Agregado grueso	992.46 kg	3.12
Agregado fino	920.66 kg	2.90
aditivo	1.08	0.0034

Fuente: elaboración propia

Para los demás diseños con diferentes proporciones de aditivo, se sigue el mismo procedimiento anterior.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES							
Problema	objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores	Variab. Estadísticas	Escalas de medición
General	General	General	V.1		Tiempo de fragua , exudación, contenido de aire	Cuantitativa	Continua
¿Cómo influye el uso del aditivo sikament-290N en el comportamiento del concreto elaborado con cemento portland tipo I?	Determinar la influencia del aditivo sikament-290N en los concretos elaborados con cemento portland tipo I	La utilización del aditivo sikament-290N influye en el comportamiento del concreto	Uso del aditivo Sikament-290N	Ensayos			
			V.2				
			Comportamiento del concreto	Cantidad	0.3% 0.6 % 1.0 % 1.4%	Cuantitativa	Continua
Específico	Específico	Específico	V.1		Tiempo de fragua , exudación , asentamiento	Cuantitativa	Continua
¿De qué manera influye el aditivo sikament-290N en la calidad del concreto?	Determinar si el uso del aditivo sikament-290N influye en el diseño del concreto	<input type="checkbox"/> El uso del aditivo sikament-290N influye en el diseño del concreto	Aditivo Sikament-290N	Ensayos			
			V.2				
			Diseño del concreto	Ensayos	Tiempo de fragua , exudación	Cuantitativa	Continua
Específico	Específico	Específico	V.1				
¿Qué efectos produce el aditivo en la resistencia del concreto?	Comprobar mediante ensayos de laboratorio si el uso del aditivo sikament-290N mejora las propiedades del concreto	<input type="checkbox"/> La utilización del aditivo sikament-290N mejora las propiedades del concreto	Efectos del aditivo sikament-290N	Ensayos	Tiempo de fragua , exudacion	Cuantitativa	Continua
	Específico	Específico	V.2				
	Comparar la resistencia del concreto patrón y el concreto con el aditivo sikament-290N.	<input type="checkbox"/> La resistencia del concreto se incrementa con el uso del aditivo sikament-290N	Resistencia del concreto	Ensayos	Resistencia del concreto	Cuantitativa	Continua

MATERIAL FOTOGRÁFICO



Foto 1: Cantera Valencia- Carabayllo



Foto 3: peso unitario compactado agregado grueso



Foto 2: peso unitario compactado



Foto 4: peso unitario compactado



Foto 5: granulometría agregado fino



Foto 9: muestras en el horno



Foto 8: Muestra de material fino



Foto 7: saturando material grueso



Foto 6: saturando material fino



Foto 11: Determinación de superficie seca



Foto 10: Peso de material en agua



Foto 12: Peso Unitario del concreto



Foto 13: medición de slump



Foto 15: porcentaje de aire



Foto 14: peso unitario del concreto



Foto 17: probetas



Foto 16: aditivo disuelto en agua



Foto 20: Tomando medidas a probeta



Foto 19: Colocación de probeta para ser ensayada



Foto 18: probeta ensayada